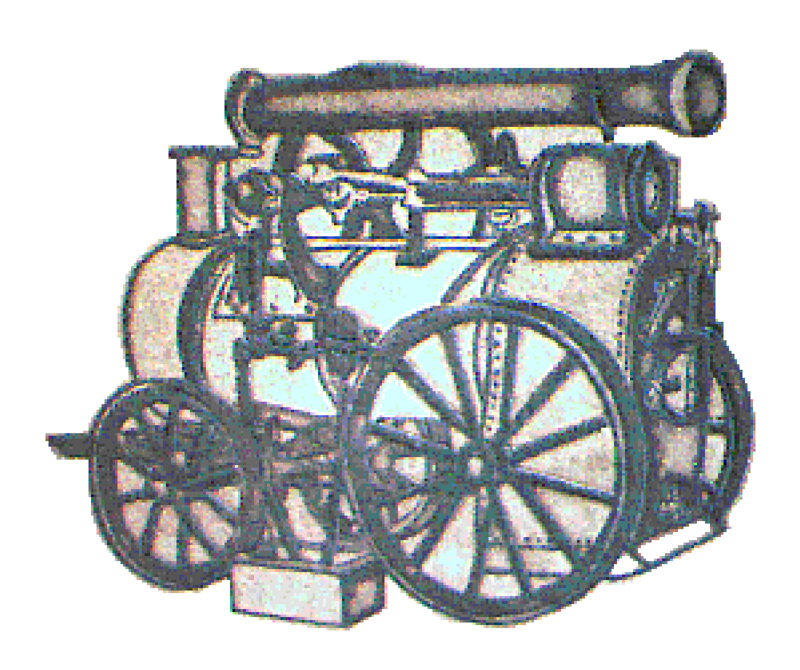


PEQUEÑO MANUAL DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS PARA CALDERAS BAJA PRESION

Carlos W. Thomasset
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL
MONTEVIDEO-URUGUAY
Año 2015 1ra. Edición

Pequeño manual de preguntas y respuestas para Calderas de baja presión 2015



INTRODUCCIÓN

Este el Pequeño manual de preguntas y respuestas para Calderas de baja presión **2015** , está referido especialmente a aquellos operadores de caldera, que frente a problemas o acciones a tomar, puedan establecer un camino de solución a la situación, siendo de responsabilidad de cada uno el tomar la acción adecuada. Lo que se establece aquí es una orientación.

Es la recopilación de lo publicado en el 2015 en Foro de "Energiaenuruguay". La primera parte responde a lo ya publicado como "Pequeño Manual de Preguntas y respuestas para Foguistas" de1998.

Como primer pregunta :

¿ Qué es una caldera?

Para ello podemos tomar la definición de caldera dada por The American Society of Mechanical Engineers (ASME) de Estados Unidos, la cual dice:

"Un recipiente cerrado en el cual se calienta agua, se genera vapor,

se sobrecalienta vapor o una combinación de ambos, bajo presión o vacío con aplicación directa de calor. El término caldera también podrá incluir unidades de combustión para calentamiento o vaporización de otros líquidos que no sean agua, siendo estos sistemas cerrados dentro de sí mismos". ASME

Pero, como hemos dicho en el Pequeño manual de preguntas y respuestas para Calderas de baja presión **2015** , **hablamos de caldera** en nuestro caso cuando nos referimos a : *"denominaremos caldera de vapor y nos referiremos a ella en la siguiente definición: Recipiente cerrado para la producción de vapor de agua : para el transporte de calor o su transformación en fuerza motriz, calentado directamente por la combustión de un elemento líquido, gaseoso o sólido en contacto con el aire. Dotado de dispositivos para el control y la seguridad de su funcionamiento."*

¿Qué peligros ofrece una caldera?

Muchos, desde una simple quemadura hasta la destrucción de la misma y del local donde se encuentra. *"Cada 50 litros de agua sobrecalentada a 10 Kg/cm2 (183ºC) equivale aproximadamente a 1 kg. de pólvora"*



Sala de caldera destruida por explosión

¿Una caldera siempre es peligrosa?

Una caldera bien diseñada, construida bajo las normas adecuadas, limpias las superficies de intercambio de calor, bien mantenida y manejada por un operador con los conocimientos adecuados, es un equipo confiable.

¿Cuales son los elementos más importantes para la seguridad de la caldera?

Las válvulas de seguridad, los controles de nivel que apagan el quemador por "bajo nivel de agua", quizás sean los dos elementos límites más importantes en caso que fallen los sistemas de control del funcionamiento de las calderas. Pero estos otros son imprescindibles : manómetro, control de nivel visual, presóstatos, tapón fusible, grifos de control de nivel, purgas de fondo y nivel, etc., que permiten el correcto y seguro manejo de la caldera.



CALDERAS DE PRINCIPIO DEL SIGLO XIX

¿Cual es la causa más común que provoca los accidentes?

La falta de control en la calidad del agua de caldera : los tratamientos químicos y los límites químicos operativos fijados para su funcionamiento (PH , Total de Sales Disueltas (TSD), Conductividad, barros o elementos en suspensión, la sílice, control de incrustaciones, barros y oxígeno). Quizás el 80% de las fallas sean provocadas por problemas relacionados con el agua.

Estas causas casi siempre afectan a los mecanismos relacionados al control, ya que hoy día el operador es dependiente de que estos funcionen correctamente.

¿Cual es el síntoma que puede indicar que una caldera se está quedando con bajo nivel de agua?

El mismo que indica un consumo mayor de vapor, **baja la presión**. Esto se debe a que las superficies que transmiten calor al agua para vaporizar se encuentran "sin agua para recibir el calor", es decir que en lugar de agua hay vapor que no puede absorber el calor con la misma capacidad que el agua, lo que provoca una insuficiente vaporización. Por supuesto que el tubo de nivel indicará normalmente un bajo nivel (siempre y cuando no ocurra que esté tapado de barros su conexión inferior).

Por lo que cada vez que veamos que hay que aumentar la combustión debido a que baja la presión en el manómetro, primero se debe observar que no sea por falta de nivel de agua!!!

¿Cuando una caldera ha perdido el nivel de agua por bajo nivel, porqué no se debe alimentar para recuperar el nivel?

Hay la creencia que pueda provocar una explosión en la mayoría de los casos, cosa que puede suceder si la caldera está vacía totalmente de agua y su material de hierro (y refractario) está a muy alta temperatura. Generalmente ese no es el problema, sino que : al alimentar el agua relativamente fría toca el metal sobrecalentado y provoca una rápida contracción que deforma la caldera (provocando la torcedura de placas , aflojamiento de tubos , etc.). Por esta causa la caldera se debe dejar enfriar en forma natural para evitar su deformación.

Podrá haber algún caso en que el haber alimentado la caldera con bajo nivel, pueda provocar su explosión parcial debido a que se provoca una fisura al contraerse parte su estructura y como hay presión al evaporar el agua inyectada, esta presión podría ser suficiente para provocar el accidente.

¡ Pero sí la caldera está al "rojo vivo" y entra agua,

casi seguro que habrá una verdadera explosión !

Si hay bajo nivel, no alimente con agua la caldera, mantenga el quemador apagado, cierre la salida de vapor y la entrada de agua (para evitar alimentar por error), espere a que enfrie y luego haga una inspección de daños para tomar la decisión si hay que hacer prueba hidráulica o reparaciones.

¿Es conveniente al hacer una prueba hidráulica aumentar la presión de la misma más halla del valor indicado por las normas?

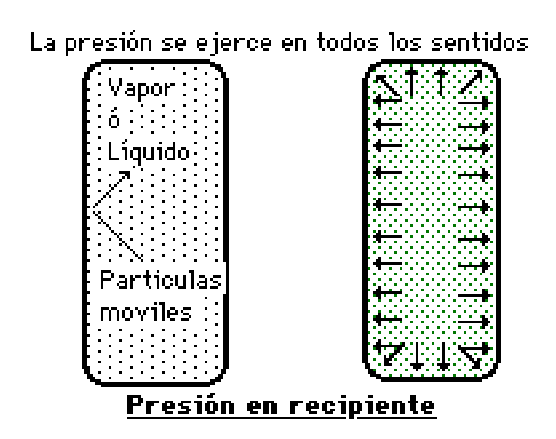
No!!! Esto puede provocar mayor daño que beneficio. La estructura de la caldera al hacerse la prueba hidráulica está sometida a un esfuerzo en que el material se "estira" como si fuera un resorte (el material está en la zona elástica, cuando se saque la presión debe de volver a la misma forma inicial), si utilizamos una presión mayor, el esfuerzo hará que la estructura de la caldera cuando saquemos la presión no vuelva a las dimensiones originales, quedando el material con zonas "debilitadas" o pequeñas fallas , que luego sometidas a la marcha dinámica (de presión y temperatura) podrá provocar su falla.

¿Es conveniente al hacer una prueba hidráulica dejar la caldera con presión mucho tiempo para observar si hay fallas?

No!!! Especialmente las calderas humo-tubulares son las más delicadas , deben ser probadas en el tiempo mínimo posible, ya que al estar sometida mucho tiempo, puede provocar su deformación. (lo mismo que un resorte sometido a estiramiento durante largo tiempo).

¿Es conveniente en las pruebas hidráulicas utilizar un manómetro calibrado o maestro?

Sí!!!! Es muy posible que un manómetro usado en la caldera al hacer el control de la prueba hidráulica (generalmente a una vez y media la presión) pueda estar indicando una presión errónea (por ejemplo: queremos llegar a 15 Kg/cm2 y puede que el manómetro esté indicando los 15 Kg/cm2 pero la presión real pueda ser 20 Kg/cm2, provocando esto un daño a la caldera o indicar más alto que el valor real, lo cual también descalifica la prueba). Estos daños muchas veces no se notan hasta pasado un tiempo de operación.



¿Porqué no se debe dejar una caldera con aire al hacer la prueba hidráulica?

Porque es muy peligroso!!!!! El aire se comporta como un acumulador de energía ("resorte") y en caso que se produzca una pérdida o rotura de parte de la caldera sometida a presión, hace que se provoque una expansión que puede proyectar parte de la caldera o el chorro de agua, produciendo daños a los operadores de la prueba. Además, hará que la presión, en caso de una pequeña pérdida, baje lentamente, engañando al

inspector en considerar la dimensión de la pérdida.

Al preparar la prueba hidráulica sacar bien el aire por el grifo atmosférico, cuidando que no quede aire atrapado en ninguna parte interna de la caldera.

¿Las pruebas hidráulicas es para detectar pérdidas?

No precisamente, ya que la prueba hidráulica debe ser considerada en su magnitud en **dos tipos**: aquellas **para detectar pérdidas** (que se hacen a la presión de trabajo tantas veces como sea necesario) y aquellas **para observar el comportamiento estructural** de la caldera (estas pruebas generalmente se hacen a una vez y media la presión de diseño, aunque para aquellas calderas que trabajen a muy bajas presiones la presión de prueba es superior a la de una vez y media la presión de trabajo).

La operación de prueba hidráulica de control estructural (la de más alta presión) **debe ser cuidadosamente hecha, no sólo ateniéndose a observar el movimiento del manómetro, sino a la observación del cuerpo estructural de la caldera desde el momento que se comienza hasta que se termina el levantamiento de la presión** (si es necesario instalando calibres de medición, tanzas de acero circulares en los cuerpo cilíndricos, así como elementos ópticos de control de deformación).

¿Conviene que el agua utilizada en las pruebas hidráulicas sea agua tratada?

Sí !!!! Conviene que el agua sea des-aereada (libre de oxígeno) y con el PH adecuado, ya que el agua estará varias horas o días en algunos casos, pudiéndose provocar corrosiones en el material.

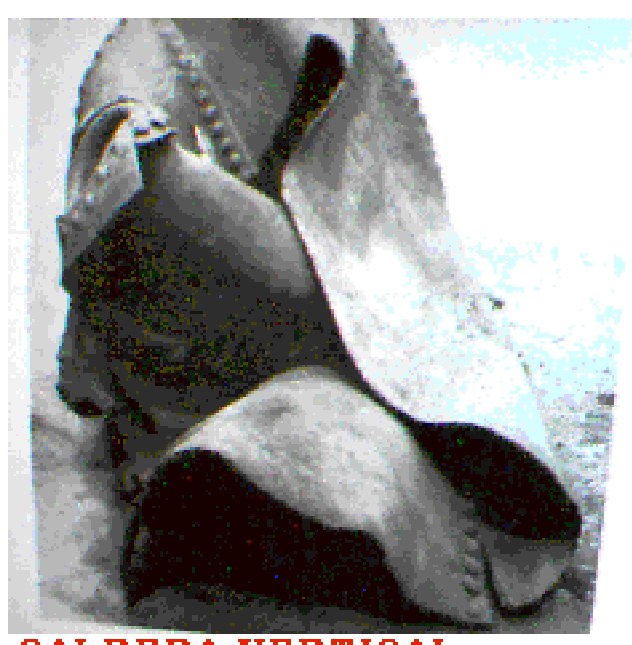
Se puede llenar la caldera con agua caliente (estará casi libre de oxígeno) y se dejará enfriar a temperatura ambiente (20ºC a 40ºC). En caso de utilizar aguas frías, usar aguas blandas, con un secuestrante de oxígeno (sulfito, hidracina, etc.)

y con un PH de 10 a 11. En emergencias utilizar el agua disponible, tratando de no dejar el agua en el interior de la caldera, en caso que se deje vacía : secar inmediatamente con calor auxiliar (estufas o quemadores de bajo poder de fuego).

¿Una prueba hidráulica es de resultado confiable?

No !!! En muchos casos a los pocos días de la prueba hidráulica se han producido fallas en los materiales (no olvidar que el material o cuerpo de las calderas están sometidos a presión y temperatura, ambas fluctuan entre que la presión varía y la combustión puede ir del "todo a nada"). Hay permanentes variaciones por dilatación y contracción que exigen a la estructura.

Por lo que una prueba hidráulica es simplemente una prueba más, la capacidad del inspector será fundamental para valorar la misma. (la misma no es un seguro contra fallas).

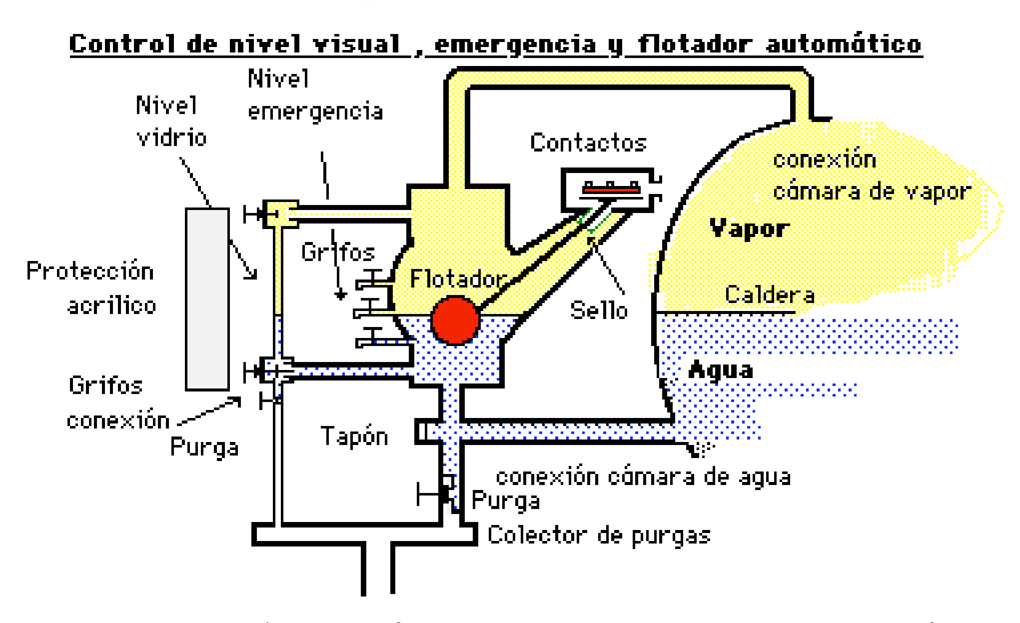


CALDERA VERTICAL
LUEGO DE UNA EXPLOSION

¿Porqué el nivel de agua sube al prender una caldera que se encontraba fuera de servicio, fría?

Ocurre que la dilatación del agua por efecto del calor es mayor que la del hierro con que está construida la caldera. Tanto la dilatación del agua y la de la caldera son trimensionales (volumétricas), pero el agua al tener un coeficiente de dilatación mayor (valor que aumenta el volumen en cada grado ºC que aumenta) aumenta su volumen más que la caldera en sí y como el agua ocupará el recipiente cualquiera sea su forma, la misma tomará más volumen dentro del cuerpo de la caldera, aumentando el nivel.

Cuando ponga en marcha una caldera fría, el nivel inicial debe ser menor que el nivel normal de marcha o de la contrario se deberá ir purgando a medida que éste suba (para evitar arrastres).



¿Porqué el nivel del agua sube y baja en una caldera en marcha, especialmente al variar la cantidad de combustión del quemador?

Observamos que el nivel sube al aumentar la combustión (cuando aparentemente debería bajar por el aumento de consumo de vapor de agua). La capacidad la bomba de alimentación dependerá del sistema de control, ya que generalmente si detecta que sube el nivel disminuye la alimentación, esto ocurre en la mayoría de los controles de nivel simples o por el foguista al observar el nivel visual. Que el nivel suba, se debe a que al producirse un aumento del consumo de vapor y bajar la presión, el foguista o el automático simple de un quemador aumenta la capacidad de calor (combustión), lo que provoca la formación de burbujas de vapor en el interior del agua, estas burbujas ocupan un volumen que hacen aumentar el nivel aunque la cantidad de agua sea la misma o menor (esto es lo que ocurre cuando destapamos una botella caliente de una bebida gaseosa y se derrama, o cuando el "puchero" o la leche hierve y se derrama).

En el momento que el quemador pase de un poder de combustión elevado a uno de bajo fuego o apagado, el nivel del agua baja al desaparecer las burbujas de vapor formadas en las superficies de intercambio.

Estos fenómenos de variación del nivel cuando son violentos y están relacionados a la combustión, están ligados también a los fenómenos tensoactivos del agua, que son alterados por las sustancias químicas que se concentran en el agua de caldera o que la contaminan por accidente : una caldera con falta de purga tendrá un nivel visual "nervioso" o que sube y baja continuamente (este mismo efecto lo provocan un elevado PH o la contaminación con aceites, grasas u otros elementos capaces de cambiar la tensoactividad del agua). Esto puede provocar arrastres, golpes de agua o "priming", falta de enfriamiento en la "placa más caliente" con fisuras en la placa y fisuras en los mandrilados y la soldadura de los tubos a la placa, etc.

Generalmente la solución más inmediata a éste problema sea el establecer una purga importante de superficie (por ejemplo: abrir bien la purga continua hasta

que pase el fenómeno de la oscilación).

¿Porqué debemos abrir el grifo atmosférico al prender una caldera?

La caldera fría se encuentra con la cámara de vapor llena de aire, si no lo sacamos y dejamos ocupar su lugar por vapor, tendremos que la caldera levantará presión, pero la temperatura no será la correcta, pasando que al dar vapor, la presión caerá rápidamente, ya que la presión que tenía la caldera es la suma de la presión del aire que no tiene calor acumulado de vaporización y la del vapor de menor temperatura a la presión que indica el manómetro.

Por ejemplo: una caldera al llegar a 10 Kg/cm2 de presión deberá tener en su cámara de vapor y agua una temperatura de unos 183ºC aprox., pero si tiene todo el aire acumulado en la cámara de vapor y no se saca, la presión podrá llegar a 10 Kg/cm2, pero la temperatura del agua y el vapor será la correspondiente a la presión de vapor saturado dado por la presión parcial del vapor, que puede ser por ejemplo la de 7 Kg/cm2 cuya temperatura es de unos 170ºC, lo cual al abrir la válvula de vapor hará que la presión de la caldera caiga de 10 Kg/cm2 a 7 Kg/cm2 en el momento que salga el aire de la cámara de vapor.

¿Porqué debo purgar de fondo con los fuegos apagados (quemador) en la mayoría de los casos?

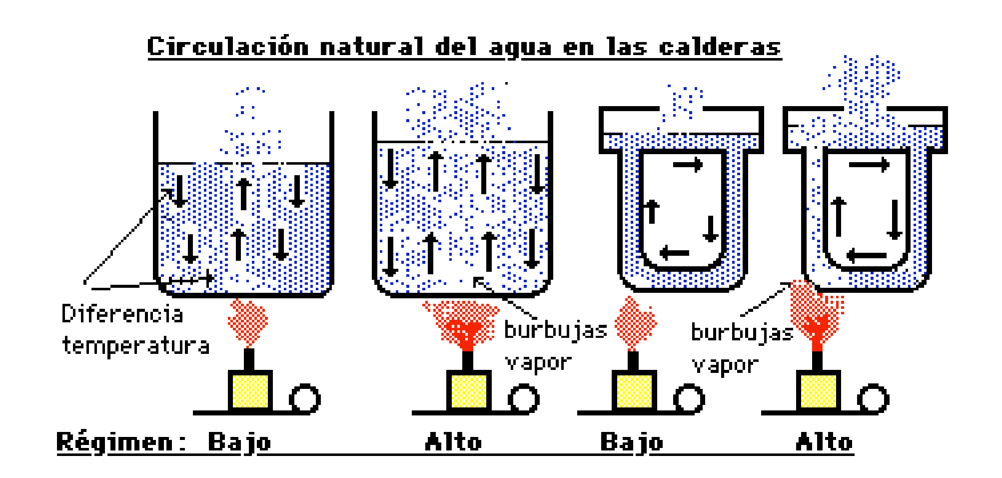
La circulación natural del agua en el interior de la caldera (provocada por la diferencia de densidad : diferencias de temperaturas y las burbujas de vapor formadas) es la que permite que las superficies de intercambio de calor puedan estar en contacto del lado del fuego temperaturas muy altas sin quemarse (más de 1000 ºC en algunas zonas) y del lado del agua una temperatura casi equivalente a la de vaporización para

la presión de trabajo de la caldera (una caldera de 10 Kg/cm2, unos 183ºC aprox.), esto hace que el material difícilmente en promedio pase los 250ºC.

Si purgamos con el quemador prendido, podemos en alguna forma desvirtuar la circulación natural buscada por el diseñador de la caldera, lo que provocará el recalentamiento del material, pudiendo provocar la falla del mismo.

Tampoco es práctico purgar de fondo con el quemador prendido, ya que los barros están circulando en el interior de la caldera y al pretenderlo sacar por las purgas, este no saldrá, ya que no se asentará. (A nadie se le ocurre tomar un café con borra agitando la taza).

Para purgar, especialmente de fondo, apague el quemador y si es posible cierre la salida de vapor unos minutos para dejar asentar los barros, haciendo purgas totales, cortas y repetidas si es necesario.



¿Porqué debo apagar los fuegos al purgar colectores de paredes de agua, gasógenos etc.?

Porque los colectores y gasógenos están sometidos a

circulaciones de agua muy comprometidos con la refrigeración de las superficies de vaporización que alimentan, si purgamos es probable que cortemos dicha circulación y provoquemos un exceso de temperatura en las paredes de los tubos de colectores y gasógenos, llevando con ello a la "quemadura" del material, que podrá en sucesivas etapas ir perdiendo capacidad de soportar la presión al ir perdiendo espesor o podrá formar de entrada una "bellota" de estiramiento del material que terminará en su rotura y con ello hasta un accidente al descargar en forma violenta el agua en la cámara de combustión (con un gran "flash" al tocar el agua el hogar con gran temperatura, lo que provoca una explosión que puede afectar a los operadores).

¿Es necesario purgar de fondo bajando la presión?

Generalmente no, en las calderas de baja y media presión, en alta presión sí. En baja y media presión es una costumbre antigua, aplicada a las calderas con combustibles sólidos y que normalmente se "llenaban" de barros, ya que no había tratamiento externo para eliminar la dureza del agua (ablandadores de agua).

Con la presión de trabajo, si se dejan "asentar" los barros (apagando el quemador y cerrando unos minutos la válvula de salida de vapor), en la mayoría de los casos es buena técnica, ya que teniendo una presión alta, ejercemos un efecto mayor de arrastre de los barros hacia las purgas.

En las calderas de altas presiones son inadmisibles las purgas de fondo con toda la presión, ya que los golpes de arietes serían muy importantes (a la presión de trabajo se utilizan las purgas continuas).

¿Es mejor la purga de fondo al "arrancar" la caldera y a baja presión?

En mi entender no, ya que los barros están "pegados a los fondos" debido al prolongado asentamiento. Para mí la mejor

purga de fondo es la de la "parada", es decir la que cuando apagamos la caldera, aprovechamos cerrar el vapor con toda la presión de trabajo y dejamos asentar los barros unos minutos : luego purgamos tantas veces como sea necesario en forma de purgas cortas pero de apertura total.

¿Son peligrosas las maniobras con las purgas?

Sí !!!! Si la instalación no es adecuada : Las válvulas de purgas deben ser adecuadas para soportar los choques térmicos y las cañerías para soportar el "shock" mecánico (en muchos casos verdaderos "golpes de arietes", que en la mayoría de los casos son "implosiones" o sea agua sobrecalentada que provoca un "flash" o vaporización y luego al chocar con las cañerías frías se provoca una condensación instantánea que provoca la "implosión" con ruidos casi metálicos, así como también se provoca una dilatación muy importante de la cañería, más de 1 mm. por metro de caño, que puede llegar a provocar un esfuerzo que rompa la misma, quemando a las personas que la maniobran).

Aún habiendo válvulas y cañerías adecuadas, la maniobra de purga se debe hacer cuidadosamente : **abriendo lentamente las válvulas para provocar el calentamiento de las cañerías y válvulas, que una vez logrado nos permitirá abrir totalmente la válvula de purga más exterior**.

¿Que son los golpes de "ariete"?

Los golpes de ariete son verdaderos "martillazos" contra los materiales que componen las cañerías, provocados por las masas de agua que por distintas razones toman altísimas velocidades y son "frenadas" de golpe, lo que provoca que toda la energía adquirida por la velocidad se descarga en ese "martillazo". Un "golpe de ariete" lo puede provocar la revaporización espontánea del agua al disminuir la presión y

estar el agua sobrecalentada, a la condensación de agua en las cañerías que toman la velocidad del vapor (que prácticamente se puede considerar un gas mientras es vapor, pero una masa de agua a esa velocidad toma mucha energía debido a la masa o densidad), a la apertura de cañerías en la que circulan líquidos por medio de válvulas de apertura rápida (válvulas esféricas generalmente son las más peligrosas), a la utilización de circuitos con líquidos presurizados por medio de tanques hidroneumáticos, etc..

Un golpe de ariete se puede asemejar a un vehículo a alta velocidad lanzado contra una pared, lo cual es muy peligroso, ya que el daño puede llegar a la destrucción de un accesorio, tanque o equipo.

¿Puede contaminarse el agua del interior de la caldera por medio de las mismas cañerías que va el vapor?

Sí !!!!! Cuando cerramos el vapor a una cañería que estaba presurizada por el mismo o apagamos una caldera dejándola enfriar, se produce un vacío parcial (debido a la condensación del vapor debajo de los 100ºC), que permite que la atmósfera haciendo presión sobre los líquidos que están comunicados con las cañerías de vapor (inyectores, mezcladores o perforaciones en serpentinas o doble fondos de calefacción), sean empujados a través de las mismas hasta la caldera, contaminando el agua en su interior. En algunas instalaciones que se regula la calefacción con vapor cerrando y abriendo el mismo, si la superficie de intercambio tiene alguna fisura y el líquido a calentar tiene una temperatura inferior a 100ºC, habrá una vacío parcial cada vez que cerremos el vapor, entrará el líquido a calefaccionar, luego al abrir el vapor, este empujará el líquido contaminante hasta salir por la trampa de vapor como si fuera condensado limpio, pasando a contaminar el tanque de

alimentación.

La solución a este problema es disponiendo elementos rompe vacío, válvulas de retención, etc.

¿Porqué las calderas deben tener un rompe vacío automático en algunos casos?

Las calderas humo-tubulares de gran tamaño y poca presión, al apagarse y enfriarse, crean una depresión o vacío interno, que en algunos casos la presión atmosférica (1,033 Kg/cm2) actuando por fuera de su envuelta, puede afectar la estructura ("abollarlas"). Las calderas son construidas para soportar el esfuerzo de la presión desde su interior hacia el exterior y no para soportar presiones externas (este caso permite también aclarar que nunca se debe dar vapor a un tanque y luego cerrar sus conexiones a la atmósfera, ya que al enfriar lo más probable que el mismo se "abolle"). También un rompe vacío en una caldera puede ser útil para evitar la contaminación por la succión que produce el vacío y tiende a "chupar" líquidos por la cañerías de vapor y aún por alguna válvula de purga que pierda.

¿Porqué se debe dejar inundada la caldera al enfriar ésta?

Las calderas al enfriar introducen en su interior aire atmosférico y con ello oxígeno. El oxígeno estará en la parte superior (cámara de vapor) oxidando las superficies de hierro , pero también se irá introduciendo en el agua de la caldera, aún cuando ésta tenga un secuestrante de oxígeno, oxidando los tubos, envueltas y hogares (aquí la corrosión también se produce por oxígeno diferencial, creando acelerados "pítting" , que con circunstancias favorables perforará el material de los tubos en pocos meses).

Las calderas paradas deberán inundarse inmediatamente que su temperatura sea próxima a los 100ºC, compensando la disminución de volumen del agua al

enfriar y poniendo un sello de agua que no permite la entrada de aire atmosférico y compense las variaciones de nivel. No olvidar de poner suficiente productos químicos para secuestrar el oxígeno y mantener el PH entre PH 10 y PH 11.

¿Porqué se ponía un "pan de zinc" en el interior de las calderas paradas?

Se ponía en la creencia que disminuía la corrosión galvánica (por corrientes eléctricas por la presencia de diferenciales : metales, tensiones, diferenciales químicos, etc.), pero luego se descubrió que no eran convenientes debido a que por encima de 70ºC-80ºC grados de temperatura ya no protegían (al prender la caldera), sino que su voltaje respecto a hierro se invertía y pasaban a provocar una corrosión galvánica en vez de proteger.

¿Porqué las cañerías de vapor "golpean" o hacen ruidos metálicos?

Generalmente se producen al poner en servicio y se debe a que el vapor "choca" con aguas frías y se provocan condensaciones (verdaderas "implosiones" que hacen colapsar el agua en sí misma y contra las cañerías). Para evitar esto debemos de calentar suavemente el sistema de cañería al poner en servicio, especialmente si las válvulas de alimentación de vapor tienen un tamaño superior a 2" (en las válvulas de mayor porte es conveniente que haya una cañería con una válvula en paralelo - by-pass - de poco diámetro, de 1/2 a 1" con válvula de globo de manera de abrir esta válvula más pequeña y luego la de mayor porte) .

Generalmente las instalaciones que golpean es porque los diseños de la misma no son correctos, habiendo caídas mal hechas o calculadas, que permiten la acumulación de condensados.

¿Se debe bajar la presión en forma inmediata (o

consumir su vapor) al apagar una caldera ?

No !!!!!! Es conveniente al apagar la caldera que se dejará fuera de servicio, cerrar el vapor a la presión de trabajo y dejar que la presión baje por sí sola (lentamente), se pueden hacer algunas purgas de fondo para aprovechar el asentamiento de los barros al estar el vapor cerrado y el fuego apagado. Si extraemos el vapor en forma rápida, lo que hacemos es enfriar rápidamente la caldera, afectando su estructura (si pensamos que una caldera que trabaja a 10 Kg/cm2 o sea 183º C y la bajamos a la presión atmosférica, 1,033 Kg/cm2 absoluta ó 0 Kg/cm2 relativa, su temperatura interna bajará a 100ºC, pero habrá partes metálicas que no acompañarán dicho enfriamiento tan rápido, provocandose tensiones que luego aparecen como fatigas (fisuras o aflojamiento de tubos. etc).

¿Porqué se "rajan" o fisuran las placas de las calderas humo-tubulares?

Hay varias razones : mecánicas y químicas .

Las placas están sometidas a esfuerzos mecánicos, diferenciales de temperaturas, etc. **Por ejemplo** : entre las dos placas tenemos afirmados el tubo del hogar (con una temperatura fluctuante entre el quemador apagado y prendido a fuego máximo, más de 1000ºC), los tubos que también están sometidos a estos cambios pero en menor forma (de 900ºC hasta la temperatura de gases de chimenea, menos de 300ºC), la envuelta de la caldera que tiene los cambios de temperatura del agua (que generalmente no es muy grande, dependiendo de la presión del vapor, pero puede en general variar de 150ºC a 180ºC en la mayoría de las calderas de uso corriente) y los refuerzos o "stays" (que también tienen la temperatura del agua y el vapor (de acuerdo a la presión de vapor saturado). Es decir que hay grandes esfuerzos y diferentes intensidades, provocados por los 4 elementos que dilatan y contraen en forma diferente. A esto hay que agregar que la placa "trasera" está expuesta a los gases de la combustión de alta temperatura (generalmente superior a 900ºC) , es de un material conductor del calor (hierro algo más acerado que los tubos) y que debe ser enfriado por el

agua , con la contra que es gruesa (generalmente 3/4" como mínimo) por lo que es difícil de enfriar, ya que el hierro no es tan buen conductor del calor (fatiga térmica). **En una palabra: la placa recibe el "maltrato" que luego provocará su fisura.**

Cuando los tubos son mandrilados y se llega al extremo de las condiciones, los tubos se aflojan de sus mandriles (hacen de "fusible"), cuando su afirmado además de mandrilados , son soldados, el esfuerzo excesivo hace fisurar la soldadura del tubo a la placa o "raja" la placa.

Estos esfuerzos "excesivos" que son provocados por diferenciales térmicos, son acondicionados por otros elementos como:

a-Las condiciones químicas del agua que dificultan el enfriamiento de las placas, permitiendo la formación de "burbujas" de vapor en las zonas que debería haber agua enfriando : el PH muy alto, una salinidad excesiva, agua contaminadas con elementos tenso-activos, etc.

b-Condiciones de operación : la caldera prende y apaga con diferencias de presión muy grandes, el quemador está en "alta" cuando la presión es muy baja (una burbuja de vapor a 1 Kg/cm2 es casi 10 veces más grande que si la presión fuera de 10 Kg/cm2, lo cual no permite enfriar bien las zonas de gran transferencia, permitiendo su recalentamiento local). Esto pasa donde las calderas son forzadas a un consumo excesivo y violento de vapor.

c-Puestas en marcha de caldera sin el previo calentamiento y dar vapor antes de que se llegue a la presión de trabajo.

d- La apertura rápida de grandes caudales de vapor que afectan las condiciones internas de la circulación del agua de caldera (la presión en el interior de la caldera cae abruptamente y hay arrastres de agua en el vapor).

e-Las calderas incrustadas o llenas de barros que impide la correcta transmisión del calor (o enfriamiento del metal).

f-El manejo inadecuado de las purgas de fondo (purgar de fondo con el quemador prendido en algunos tipos de caldera).

g- Exciva capacidad de combustión !!!!!!!!! . Esta causa debe ser controlada por medio de la temperatura de chimenea (fijando un máximo de temperatura para cada tipo y presión de caldera).

¿Qué hace variar la temperatura de los gases de chimenea?

Hay varios factores. Una caldera se calcula para una determinada capacidad máxima de producción de vapor (kg/hora, por ejemplo 2000 kg/hora) y una presión máxima de trabajo (kg/cm2, por ejemplo : 10 kg/cm2), con la caldera limpia del lado de los gases y del lado del agua, habrá una temperatura máxima de diseño en gases de chimenea (por ejemplo: 270 ºC).

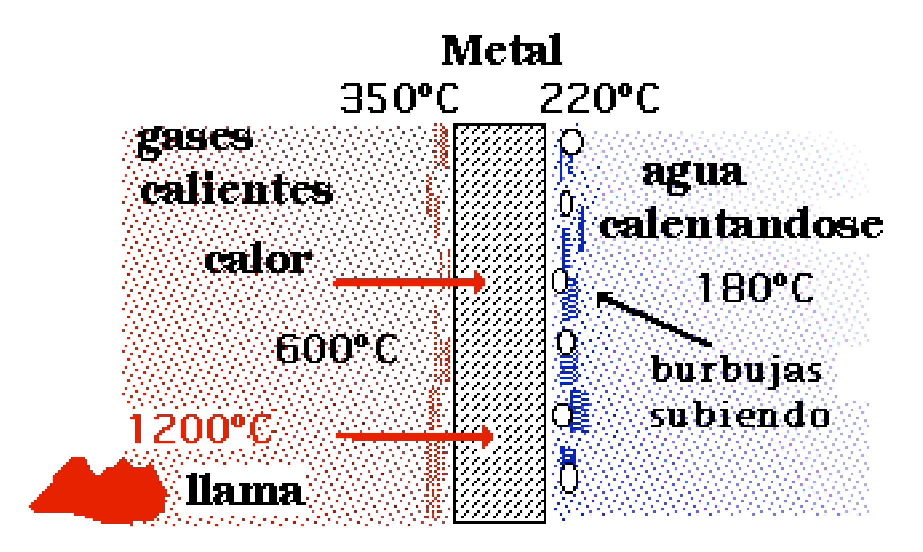
La temperatura variará según los siguientes elementos:

a- Al bajar la presión, baja la temperatura del agua y el vapor (baja la temperatura de chimenea) , al subir la presión, sube la temperatura de chimenea (ya que el agua y el vapor tendrá mayor temperatura y el calor tendrá más dificultad en pasar del lado del "fuego" al agua).

b- Al acumularse hollín del lado del "fuego" (hogar y tubos), el calor tiene un elemento que aisla el metal de intercambio de calor, dificultando el pasaje del calor al agua, lo cual hace necesario más "fuego" con la consecuencia de que sube la temperatura de los gases chimenea.

c- A la acumulación de incrustaciones y barros del lado del agua, aislando también las superficies de intercambio, lo que hace necesario más "fuego" para lograr la producción de vapor deseada, lo cual hace subir la temperatura de los gases de chimenea (en este caso con el inconveniente que sube la temperatura del metal, arriesgando su integridad : pudiendo "quemar" o "recalentar" por temperatura al mismo hasta su deformación).

d- Las variaciones de los excesos de aire y la forma de la llama también inciden en la temperatura de los gases de chimenea.



El calor se transmite de la fuente de mayor temperatura a la de menor temperatura.

¿Qué se debe hacer si el nivel visual oscila más de lo normal?

Se podrá tomar en consideración lo siguiente para tomar las medidas adecuadas:

1-**Primero observar si no hay un consumo excesivo de vapor**: en este caso observando el quemador (máxima llama) y la presión (tiende a bajar), se debe cerrar algún consumo de vapor secundario, ya que esta oscilación está indicando arrastres de agua en el vapor.

2-**Puede haber un exceso de sales** (medir con el salinómetro el máximo indicado del Total de Sales Disueltas),o un PH muy alto (generalmente el máximo en baja presión es 11,5), en este caso la medida a tomar es abrir la purga de superficie o la continua hasta bajar al valor normal.

3-**Otra de las causas de oscilación más común es la contaminación del agua de caldera con productos del proceso en el que se utiliza el vapor** (soda, jabones, grasas, aceites y otros elementos que vuelven al agua con tendencia a

provocar arrastres). Abra inmediatamente la purga de superficie o la purga continua hasta que cese la oscilación (si esto no ocurriera en los minutos siguientes (10 a 20 minutos), se debe tomar precaución, ya que si la situación continúa, se podrá hasta "quemar" la caldera (por alteración de la circulación del agua en su interior).

4-**Consumos de vapor espontáneos de gran volumen** : éstos deben ser evitados, ya que en algunos casos pueden provocar el "aplastamiento" del hogar en las calderas humo-tubulares (por deficiente enfriamiento del hogar, ya que siendo la zona de mayor transferencia, el agua tiende a separarse y no refrigera suficientemente el hogar, el material llega a la temperatura que se vuelve "plástico" y se aplasta por la presión del vapor en forma casi instantánea). Por supuesto que las condiciones químicas, las incrustaciones, etc. influyen para que ésta falla se provoque más fácilmente.

¿Porqué se deben ajustar las presiones de disparo de las válvulas de seguridad en forma progresiva y no a igual valor?

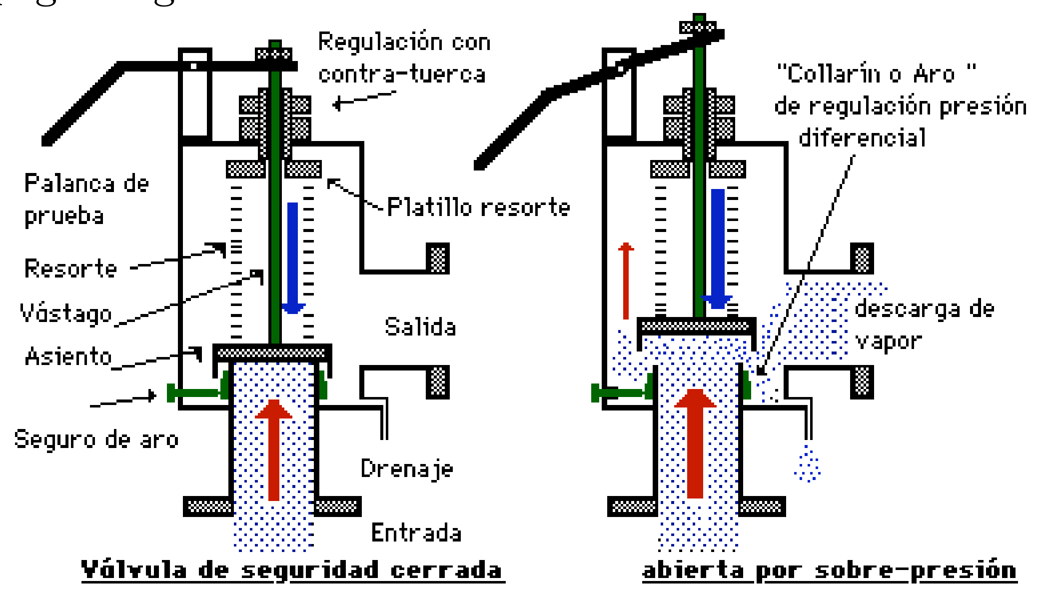
Generalmente una caldera tiene **por lo menos dos válvulas de seguridad,** si cada válvula de seguridad es capaz de "tirar" el máximo de vapor que puede producir la caldera y si se disparan ambas a la vez, es evidente que la caldera corre gran riesgo de producir un "hundimiento de hogar", ya que cuando se disparan las válvulas de seguridad es porque el quemador está prendido y con el fuego generalmente al máximo, esto haría que el agua que refrigera el hogar (caldera humo-tubular) o los tubos del hogar (caldera acuo-tubular), queden sin suficiente refrigeración al producirse la "descompresión" excesiva de la caldera con el fuego al máximo.

¿Porqué deben las válvulas de seguridad de caldera abrir totalmente y en forma rápida (efecto "pop" : " tapón de corcho")?

Si las válvulas de seguridad no abrieran rápidamente y

totalmente, la presión en vez de estar limitada a un punto de ajuste, estaría variando la presión de acuerdo al exceso de presión, esto haría que la caldera deba soportar presiones por encima de las de diseño (hay calderas a combustión de leña que por error o por "abaratar" se le han instalado válvulas de alivio, como estas calderas generalmente se disparan por alta presión, las mismas se han averiado por sobre-presión, como ser fisuras en las envueltas, situación **muy peligrosa.**

Este efecto se logra aumentando la acción superficial del vapor sobre un superficie mayor al abrir la válvula. Ver croquis página siguiente.



¿Porqué deben las válvulas de seguridad ser disparadas manualmente?

Si las válvulas de seguridad no son disparadas manualmente durante un período prolongado, se corre el riesgo de que los mecanismos de las válvulas se queden "pegados" ("engripados"), lo que no permitiría su funcionamiento cuando se produzca la sobrepresión. Se disparan manualmente tirando de su palanca de acción cuando la presión es la de trabajo (en este

momento se suma el esfuerzo de la palanca y el de la presión interna de la caldera, permitiendo su fácil apertura, cosa que no es así si la presión fuera más baja que la de trabajo). Se debe tener en cuenta que la válvula no cerrará hasta que la presión baje hasta la presión de cierre (más bajo que la presión de apertura : efecto diferencial o "blow-down"), por lo que es conveniente apagar o bajar el quemador al mínimo. Y su disparo manual responde también a que si deseáramos dispararla subiendo la presión, esto con lleva a una maniobra más riesgosa y difícil (se debe hacer con más personal, también es conveniente hacerse cada tanto para verificar el ajuste de la presión de disparo, **pero para ello se deberá subir la presión hasta el máximo admisible o de diseño, cuidando de no pasar dicha presión por error en caso que las válvulas de seguridad no se disparen a dicha presión. Es conveniente hacer subir la presión disponiendo un puente eléctrico en forma manual en el presóstato de manera de retirar el mismo inmediatamente al llegar a la presión máxima para que apague el quemador o subiendo el presóstato en su ajuste de corte en pequeños tramos de elevación de presión, sabiendo de antemano que el manómetro principal de la caldera está en buenas condiciones).**

¿Porqué las válvulas tienen un efecto diferencial de cierre (efecto "blowdown")?

Luego del disparo, la válvula de seguridad, cerrará después que baje la presión, según se ajuste su "collarín" de efecto diferencial, que generalmente está asegurado por un tornillo "lacrado" en la base de la válvula. Este efecto de cierre diferencial o "blow-down" es el que permite que la válvula cierre dando un "golpe" de cierre, esto permite un cierre rápido y evita que la válvula quede perdiendo o que su asiento se marque por efecto del escape de vapor y pequeñas "basuras" que éste arrastre, además si esto no fuera así, un cierre franco, puede haber un efecto de golpeteo o "chattering" que puede provocar la rotura de la válvula o el caño que la une a la caldera. El ajuste de

este diferencial dependerá del tipo de válvula y del tipo de caldera (ya que hay calderas que la pérdida de vapor al abrir sería importante debido a que las válvulas se disparan por efecto de una combustión con mucha inercia, como las calderas de leña).

¿Porqué se deben controlar los resortes de las válvulas de seguridad?

Los resortes de las válvulas de seguridad por estar sometidos a presión y a temperaturas altas (a pesar que aquellas que se utilicen en vapor sobrecalentado deben tener una protección por la alta temperatura), estas condiciones hacen que los resortes se vayan fatigando y pierdan tensión, ajuste que se va haciendo cada vez que las válvulas tienden a perder. Esos ajustes hacen que el vástago de la válvula pierda recorrido cada vez que ajustamos la presión apretando el resorte, esta pérdida de recorrido hace que la válvula cada vez abra menos y pierda capacidad, llegando la válvula a quedar fuera de la capacidad necesaria, por lo que se hace necesario cambiar el resorte o de lo contrario la válvula no será capaz de evacuar todo el vapor necesario y la presión de la caldera subirá a límites inadmisibles.

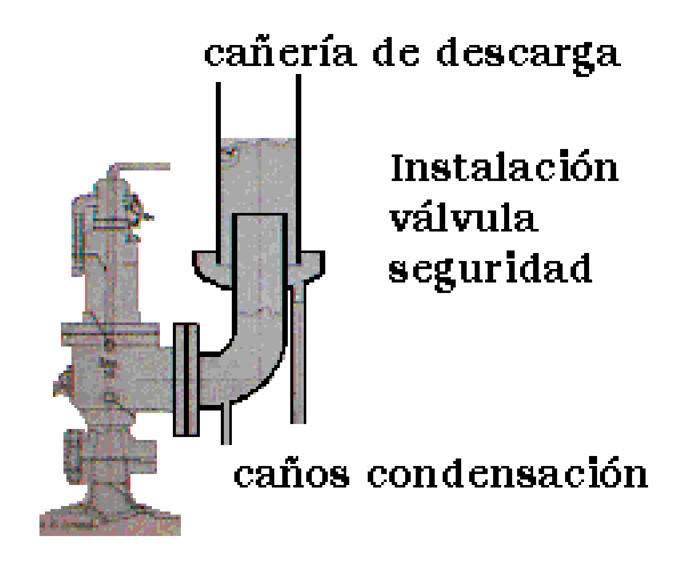
Este control del largo del resorte se debe hacer cada año.

Recuerde que si el quemador no corta por fallas en el presóstato o por una realimentación eléctrica (por tierra o cortocircuito de dos cables), la única protección disponible será que las válvulas de seguridad abran a la presión adecuada y que sean capaces de "tirar" todo el vapor que el quemador haga producir a la caldera.

¿Porqué las válvulas de seguridad deben tener un caño de drenaje?

Este caño de drenaje es para evitar que el interior de la válvula (especialmente la caja del resorte) queden húmedos, provocando la oxidación o corrosión de la piezas o su "engripamiento" . Este caño debe drenar fuera del cuerpo de la caldera, ya que si cae sobre la misma puede provocar corrosión

en la envuelta (cosa muy peligrosa).



¿Porqué las válvulas de seguridad deben descargar preferentemente en forma independientes?

Al descargar varias válvulas de seguridad a la misma cañería, se debe hacer la instalación teniendo en cuenta que la descarga de las válvulas a un mismo conducto provoca una presión que interfiere con la presión de descarga y capacidad de cada válvula, es decir, que puede que las válvulas no puedan descargar todo el vapor necesario por estar disminuida su capacidad. La descarga deberá tener la caída en el sentido de la descarga y si hubiera una descarga vertical tener un drenaje inferior capaz de desagotar la condensación.

¿Porqué la válvula de seguridad del sobrecalentador de vapor debe descargar primero (más baja presión) que las válvulas de seguridad del domo de

vapor saturado y cerrar por último?

Para proteger el sobrecalentador de que no quede sin vapor de enfriamiento, ya que si abren primero las válvulas de vapor saturado, se corre el riesgo de disminuir el caudal de vapor que circula por el sobrecalentador, pudiendo provocar su exceso de temperatura que lleve a que se "queme". De la misma manera, la válvula de seguridad del sobrecalentador deberá cerrar después que cierren la válvulas de vapor saturado (o sea que su "blowdown" o presión de cierre será más bajo) No olvidar que cuando abren las válvulas de seguridad es por sobre-presión, situación generalmente de exceso de combustión para el régimen de funcionamiento (consumo de vapor).

¿Cual es el momento de mayor riesgo para el sobrecalentador y porqué?

Cuando ponemos en funcionamiento la caldera y la misma se encuentra sin presión, el sobrecalentador está expuesto a la alta temperatura de los gases de combustión (y la llama en algunos casos) y la circulación de vapor es nula o mínima. El vapor a baja presión tiene un volumen específico muy alto (un kg. de vapor ocupa un gran volumen) por lo que el vapor que circula por el sobrecalentador tiene muy poco peso o sea que absorbe poco calor (ya que el calor será absorbido por el peso del vapor que pase y no por su volumen), esto hace que la temperatura de los tubos del sobrecalentador (se nota en la temperatura del vapor sobrecalentado) sube a valores muy altos corriendose el riesgo de que los tubos se quemen.

Por ello hay que poner en marcha la caldera en forma suave o con ayuda de vapor auxiliar de barrido (de otra caldera), luego que la presión aumenta el pasaje de vapor con más peso por volumen, es suficiente para bajar la temperatura del vapor (y los tubos) con el vapor que se "tira", pudiendose aumentar la combustión sin riesgo hasta lograr la presión de trabajo. Conectandose el vapor sobrecalentado al consumo sin cortar el flujo que mantiene la temperatura máxima bajo control.

¿Cual es la causa más común de riesgo en una

caldera?

Quizás la falta de nivel de agua. Si bien las calderas actualmente vienen dotadas de dos controles de nivel (uno primario que controla la bomba de alimentación y corta el quemador en caso de bajo nivel, el segundo que sirve de respaldo al primero en caso que este falle por bajo nivel y no corte el quemador. El tapón fusible al fundirse generalmente no es suficente para apagar el "fuego"). Pero a pesar de haber dos controles de nivel la falla por bajo nivel (que generalmente provoca el hundimiento del hogar de las calderas humo-tubulares, aflojamiento de tubos, etc.) ocurre por:

1-Ambos niveles no llegan a cortar por estar llenos de barros y no permiten que baje la "boya" lo suficiente (en el caso general de los niveles por flotador) o los electrodos continúan haciendo contacto a través del barro como si hubiera agua (en el caso de los niveles de electrodos).

2-La súbita pérdida de nivel de agua por un arrastre violento ("priming" en inglés), ocurre en aquellas calderas que dadas comprometidas condiciones químicas del agua (falta de purga, muy alto PH o contaminantes tensoactivos), tienen además un alto grado de vaporización y se abre un consumo de vapor excesivo (generalmente una válvula esférica de gran dimensión con inyección directa de vapor a un consumo importante, como ser : un baño, un "fulong", etc.).

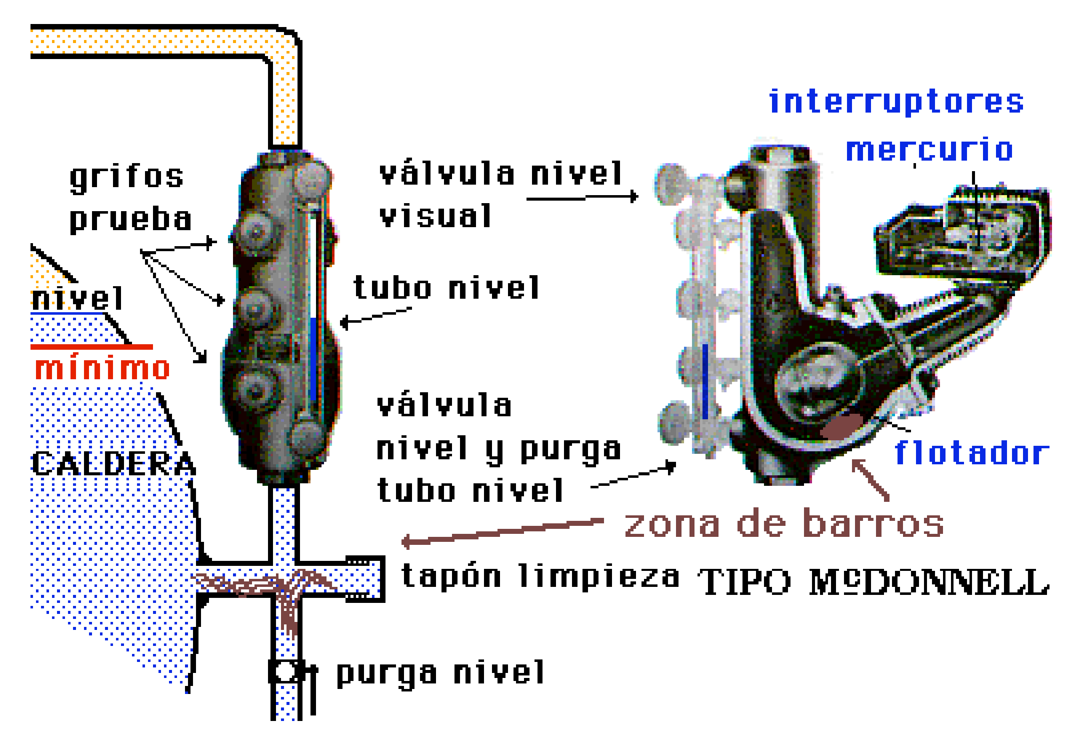
En este caso el agua se separa de la superficie caliente del hogar y es como si se "pegara al techo de la caldera" (el agua ocupa la cámara de vapor), no permitiendo el enfriamiento adecuado del tubo del hogar, que tiene en su interior una llama de más de 1000ºC , llegando el hogar a la temperatura plástica y siendo "hundido" por la presión.

3-También las instalaciones de control de los quemadores no están por lo general prevista para evitar que dos cables de control que van al corte del control de nivel, puedan unirse (cortocircuito) y simular que el control de nivel está normal **o también puede que un cable esté a tierra** y esto provoque una retroalimentación eléctrica que simule que el

control de nivel está normal, quedando la caldera prendida pero sin agua. Estas dos causas se evitan: **a- si ponemos un transformador** de alimentación de 220 a 220 voltios (o sea aislando eléctricamente el control de la caldera respecto al sistema de la red de alimentación eléctrica, de manera que aunque tengamos un cable a tierra no podrá haber retroalimentación, **b- poner cada control de nivel que corte un cable diferente** de la alimentación al quemador, ya que si falla uno, queda el otro de repuesto (siendo capaz de cortar el quemador).

De aquí la importancia de purgar los controles de nivel cada 4 horas y con el quemador prendido (para ver si cortan adecuadamente al bajar el nivel).

Además no dejar de limpiar los cuerpos de los controles de nivel de acuerdo a la calidad del agua de alimentación y el tipo de tratamiento químico (cada 6 meses a 1 año como máximo se deberían destapar y limpiar).



¿Cual es la temperatura a la cual se puede vaciar una caldera parada?

Prácticamente se puede vaciar a cualquier temperatura, el problema es no hacer entrar agua fría con la caldera caliente y vacía a más de 80ºC.

Lo más conveniente es enfriar la caldera en forma natural hasta los 60ºC y luego vaciar.

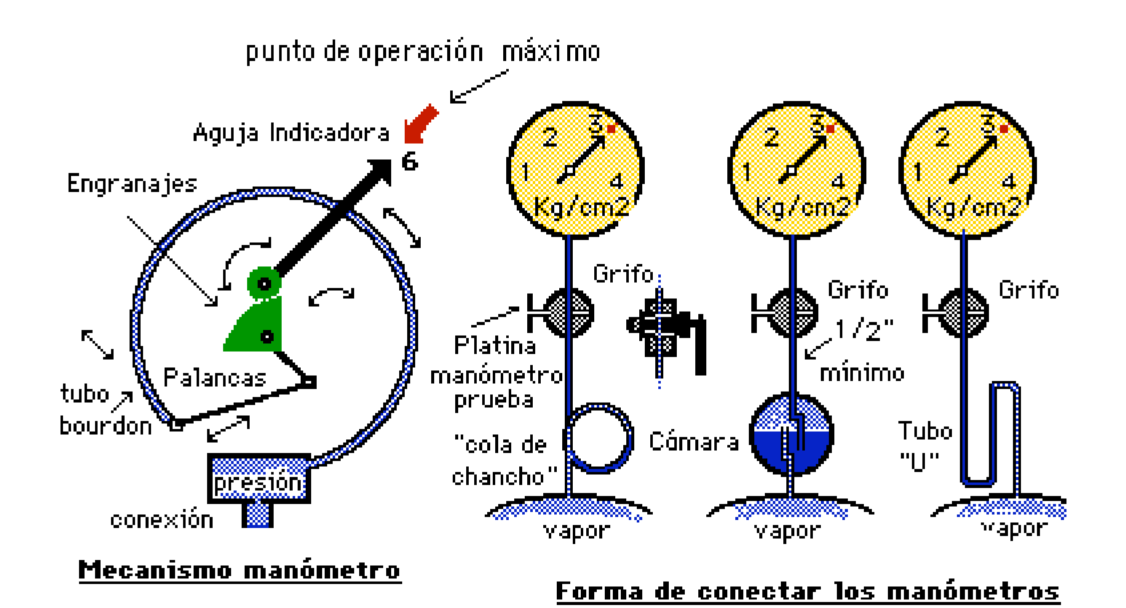
Si hay apuro para enfriar:
Mantenga la alimentación de agua relativamente más fría y purgue con la purga continua y con purgas de fondo cada 15 minutos.
Si hay más apuro, mientras efectúa la maniobra anterior, mantenga los tiros de aire abiertos (cuidando de no exagerar al principio **si la caldera tiene muchos refractarios** que podrían fisurar al enfriar de golpe) , se puede prender los tiros y los forzadores de aire, maniobrando suavemente hasta abrir totalmente el tiro y el aire.

¿Conviene purgar los manómetros en forma diaria?

No !!!! Deben de purgarse el mínimo posible (cuando sea necesario para limpiar los depósitos de la cañería que lo conecta con la caldera).

Cada vez que se purgan los manómetros, estos sufren un

recalentamiento de su tubo de medición (tubo curvo, llamado "bourdon"), el cual es afectado por la temperatura y también por los gases corrosivos que transporta el vapor, ya que al purgar vaciamos el sistema de protección que lo aisla del vapor de la caldera (se vacía la "cola de chancho" o "sifón"), el cual se vuelve a llenar por la condensación del vapor al cerrar la purga. No purgue los manómetros ni deje que haya pérdidas en los mismos, limpie la cañería cada 6 meses.



Mecanismo manómetro

Forma de conectar los manómetros

¿Porqué los manómetros deben ser controlados

anualmente?

El tubo de medición del manómetro (tubo "bourdon") se comporta como un resorte, la presión tiende a "enderesarlo", lo que mueve el mecanismo de la aguja para indicar la presión a la que esta calibrado.

Este tubo "bourdon" sometido a esfuerzo de la presión, a cambios de temperatura, va perdiendo su elasticidad lo que hace que la presión indicada no sea la correcta. También puede haber desgaste en el mecanismo de transmisión del movimiento a la aguja indicadora.

Una vez al año controle su manómetro.

¿Porqué la conexión al manómetro en algunas calderas sufre corrosión acelerada?

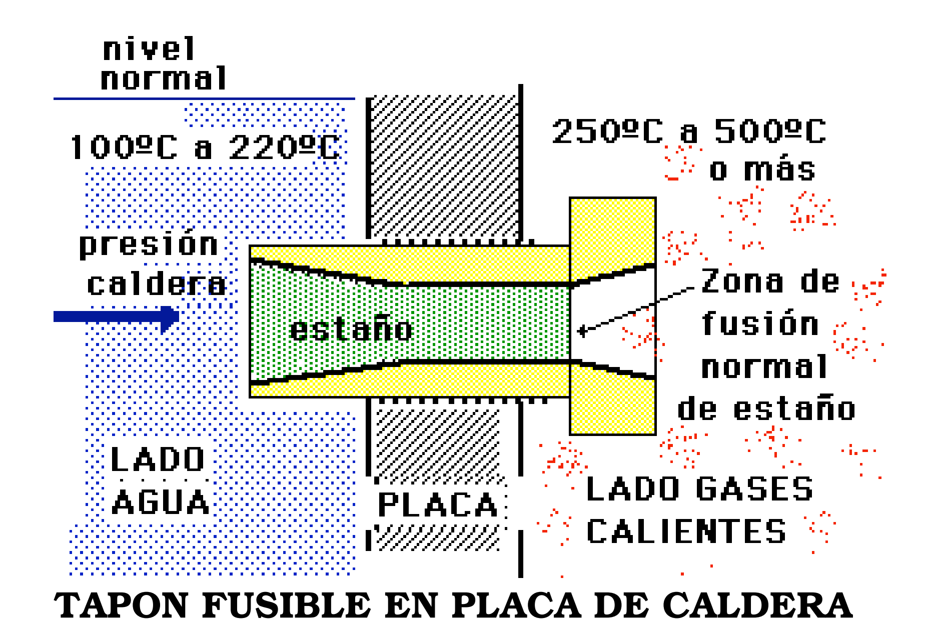
En aquellas calderas que son alimentadas con agua de pozo muy alcalinas, el anhídrido carbónico desprendido de los bicarbonatos tiende a introducirse en la conexión fría al manómetro, bajando el PH y provocando una corrosión ácida (la solución a este problema puede ser resuelta aislando la conexión al manómetro a la salida de la caldera, de manera que el condensado esté más caliente, dificultando la disolución del anhídrido carbónico (CO_2).

¿Porqué se inundan las calderas cuando se paran?

Al inundar la caldera o sea llenar la cámara de vapor con agua tratada, especialmente sin oxígeno (o con un secuestrante de oxígeno : sulfito, hidracina, etc.), se evita la penetración de oxígeno del aire en el interior de la caldera, oxígeno que provocará corrosión ("pitting" o picaduras, corrosión por oxígeno diferencial, etc.). Para evitar la entrada del aire a la caldera

inundada (ya que el nivel de agua tiende a variar por la dilatación y contracción, permitiendo la entrada del oxígeno) conviene poner un pequeño tanque de sello con agua hasta la mitad con una manguera conectada al grifo atmosférico y tomando del fondo del tanque, de manera que al contraerse el agua en el interior de la caldera al enfriar toma agua y no aire y si descarga por aumento de la temperatura, lo hace en el recipiente de manera de volverla a tomar cuando enfría.

Por supuesto que el PH del agua debe ser lo suficientemente alto para estar en la zona de menor corrosión (PH entre 10,5 y 11,5).



TAPON FUSIBLE EN PLACA DE CALDERA

¿Para que sirve el tapón fusible?

Por supuesto, para indicar, avisar y testificar que hay o que hubo un bajo nivel de agua. En la mayoría de las calderas el tapón fusible una vez que funde y deja escapar el vapor, éste vapor es insuficiente para apagar el fuego, cosa que se pretendía cuando comenzó su uso en el nacimiento de las calderas en el siglo pasado, pero al ir aumentando el tamaño de la caldera, el tapón fusible es insuficiente para apagar la caldera, pero : avisa al foguista la presencia de un bajo nivel, indica que lo hubo o que hay un problema de alimentación de agua.

¿Porqué se funden los tapones fusibles?

Por supuesto, por bajo nivel, pero puede llegar a fundirse por otros motivos:

a-Mala construcción (estaño fundido de mala calidad, tapón demasiado cilíndrico en sostener al estaño, mal fundido, mal instalado).

b-Tapón incrustado del lado del agua (no se enfría lo suficiente).

c-Condiciones químicas del agua agresivas o que alteran la circulación del agua sobre la placa de montaje.

d-Problemas de combustión (exceso de combustión, etc.).

¿Porqué no se deben reconstruir los tapones fusibles?

El estaño por lo general es puro para mantener la temperatura de fusión en el valor adecuado, si lo refundimos o utilizamos un estaño que desconocemos su pureza, corremos el riesgo de alterar la temperatura de fusión, lo cual hará que el tapón funda a una temperatura inadecuada a la deseada. Antiguamente los tapones eran rellenados con aleaciones que fundían a distintas temperaturas deseadas, el problema que se presentaba era que a medida que pasaba el tiempo las temperaturas a que se fundían los tapones era diferente a las que eran dispuestas, esto se debía a que la aleación no era realmente

una aleación y alguno de los materiales se segregaba con el tiempo y la alta temperatura a que estaba sometido, alterando con ello la composición inicial y con ello la temperatura a que se funde, tanto subiéndola como bajándola.

¿Qué debo hacer al fundirse el tapón fusible?

Si bien **lo primero que debo hacer es apagar los fuegos**, debo cerrar el vapor para que el nivel de agua no baje más de lo necesario. Si el nivel visual no se ha perdido, es conveniente mantener la alimentación de agua para que el nivel no baje y mantenga el enfriamiento de los tubos superiores, ya que puede haya calor residual del hogar (especialmente si este tiene muchos refractarios o si la combustión es de celulósicos: leña, cáscaras, carbón , etc.). En el caso de leña, **si todavía es visible el nivel de agua,** es conveniente mantener la alimentación y tratar de producir vapor para consumir la leña que haya en el hogar, ya que la misma no se puede apagar (no conviene echar agua en el hogar caliente, puede deformar, fisurar, etc. las grillas, los refractarios).

¿Porqué se pueden producir golpes metálicos en las cañerías de alimentación?

Generalmente se producen golpes metálicos cuando fallan las válvulas de retención y se introduce vapor al interior de la cañería de alimentación, este vapor condensa al entrar en contacto con el agua fría y provoca “implosiones” (golpes del agua en el metal provocados por el vacío que deja al “desaparecer” una bolsa o burbuja de vapor, algo parecido a la cavitación de las bombas de alimentación a ser restringida la succión o tener el agua muy caliente).

En caso que ocurran “golpes” en la cañería de alimentación se debe procederse a reparar las válvulas de retención o de lo contrario se corre gran riesgo de que pueda romper la cañería y provocar un accidente, así como hacer girar la bomba de alimentación en forma inversa a altas revoluciones si la válvula de retención queda muy abierta, provocando la destrucción de la bomba por efecto de la fuerza centrífuga

(altísimo giro) o por fundición de los aros de desgaste , sellos o empaquetaduras por falta de lubricación con agua y alta temperatura (en este caso cerrar la válvula de alimentación de caldera cada vez que se termine de alimentar hasta que se pueda parar para reparar o cambiar las válvulas de retención).

¿Porqué algunas calderas al ser alimentadas con agua fría producen "ruidos" interiores?

Generalmente las calderas que tienen "cajas de alimentación" en la cámara de vapor (o sea que el agua de alimentación cae desde el vapor al agua y no dentro del agua de la caldera) al ser alimentadas con agua fría se provoca una rápida condensación del vapor que rodea la caja lo cual provoca "implosiones" (vacío relativo por condensación) que hace golpear el agua contra la caja. Esto puede hacer que la "caja de alimentación" se afloje y aún que los golpes y la presencia de oxígeno provoquen una rápida corrosión de la misma. Por ello hay que tratar de alimentar con el agua lo más caliente posible, esto evita los golpes y disminuye la concentración de oxígeno, dando vida y seguridad a la "caja de alimentación".

¿Porqué las empaquetaduras de las bombas de alimentación deben apretarse lo suficiente, pero manteniendo una pequeña pérdida: varias gotas por minuto?

Esta pérdida es necesaria para que se lubrique y enfríe la empaquetadura con el agua, de lo contrario se "quema" por fricción, lo que provoca que la empaquetadura se endurece y la pérdida es incontrolable.

Apriete la empaquetadura nueva en forma suave y retoquela en períodos de marcha hasta que la pérdida sea de algunas gotas por minuto.

¿Porqué las bombas centrífugas de cierta potencia deben arrancarse con la válvula de descarga casi cerradas?

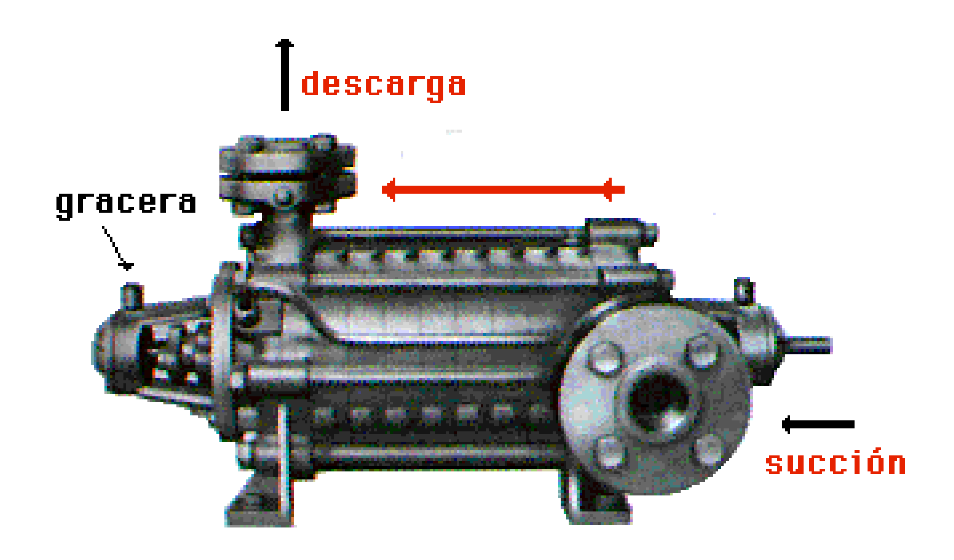
Al arrancarse una **bomba centrífuga** (no confundir con otras) de potencia media a elevada, es como si intentáramos poner en marcha un auto con el freno de mano puesto. Las bombas centrífugas de alta presión cuanto más baja sea su presión de descarga mayor será la potencia que consumen, es decir, que si cerramos la descarga de una bomba centrífuga la potencia consumida por el motor disminuye. Si arrancamos una bomba de cierta potencia con la descarga abierta corremos el riesgo de hacer saltar los térmicos del contactor de arranque o si arranca por un sistema de estrella-triángulo este no pueda completar el arranque debido a que la bomba no toma suficiente rpm (revoluciones) en la primera etapa, saltando los térmicos al entrar en triángulo el contactor. Las bombas centrífugas de menor potencia se pueden utilizar con la descarga abierta ("On-Off"), absorbiendo el exceso de carga de arranque con el motor y el contactor.

¿Porqué las bombas tipo "SIHI" o de rotores regenerativos tipo "Pelton" deben arrancarse con la descarga abierta, a la inversa que las centrífugas?

En este caso, estas bombas se parecen a las bombas de engranajes, es decir que no se les puede cerrar la descarga, ya que la potencia (y la presión) sube, pudiendo provocar una falla mecánica o la sobrecarga del motor eléctrico.

¿Porqué debe mantenerse un % de circulación de agua en las bombas centrífugas que están permanentemente prendidas?

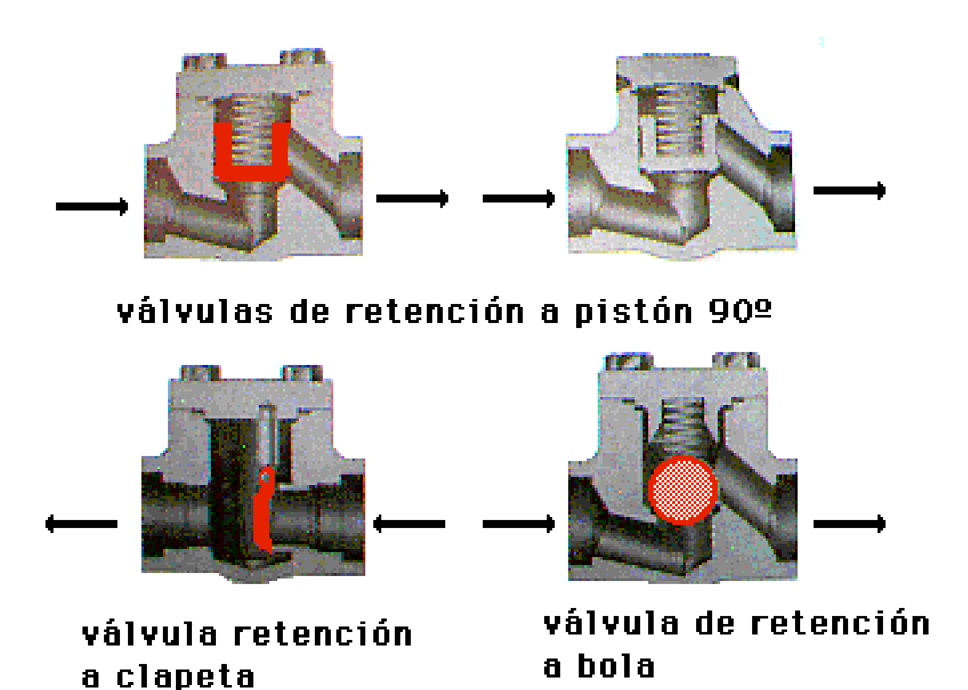
Una bomba centrífuga con la descarga totalmente cerrada, consume baja potencia del motor, pero dicha potencia se transforma en calor en el interior de la bomba por la fricción del agua que no se renueva y se calienta hasta vaporizarse, al quedar la bomba en "seco" la misma se "funde" por falta de lubricación y enfriamiento, función que cumple el agua al circular a través de la bomba.



¿Porqué no deben ponerse en marcha las bombas centrífugas sin llenar de agua y purgar el aire?

El agua en las bombas centrífugas es el "lubricante" entre las partes que prácticamente se "rozan". Las pequeñas luces (décimas o centésimas de mm., que en un eje largo se tocan al girar y vibrar) como ser: entre los aros de desgaste (que sellan entre el rotor y la carcaza o voluta de la bomba), los casquillos entre el eje y el cuerpo de la bomba entre etapas, la "fricción" entre las empaquetaduras y los ejes o la "fricción" entre la pista dura y la pista blanda del sello mecánico (entre el carbón, teflón, y la pista dura de cerámica o acero cromo-niquel). Todas estas pequeñas luces con posibilidad de una "fricción" serán separadas por una película de agua que las lubrica y enfría, pero la agitación violenta (fricción) del agua, genera también una gran cantidad de calor que la propia agua enfría al circular, que si esta no circula, las partes metálicas de la bomba recalentarían y se fundirían porque el agua se evaporaría y dejaría de lubricar.

Arranque la bomba inundada con agua y mantenga una circulación de un 3%-10% para mantener la refrigeración suficiente.



¿Porqué cada bomba de alimentación debe tener su propia válvula de retención cuando se ponen en paralelo para trabajar alternativamente?

Si tenemos dos bombas de alimentación en paralelo (descargan al mismo caño), si no tienen cada una su válvula de retención y se ponen en marcha las bombas a la vez o se pone la bomba alternativa sin cerrar la maniobra que incomunica la descarga y succión de la bomba que estaba en marcha, se produce una recirculación de la bomba con presión o con más presión sobre la de menor presión. En la bomba parada se produciría una recirculación ,no permitiendo que la bomba en marcha alimentara la caldera. La bomba que estaba parada podrá girar o nó, al girar se corre el riesgo de tomar una sobre-velocidad que podría "centrifugar" partes metálicas de la bomba o del motor eléctrico provocando su rotura, efecto similar al fallar

la retención.

Dos bombas en paralelo en marcha, sin retención entre ellas, la bomba de más presión podrá vencer el flujo o no de la bomba de menor presión, se corre el riesgo de provocar un recalentamiento de la bomba de menor presión por una disminución de flujo (si este queda equilibrado por la bomba de mayor presión). De hecho, cada bomba debe tener su válvula de retención (podrá haber una tercera retención común a las dos bombas antes la válvula de alimentación de entrada a la caldera).

¿Porqué las bombas de alimentación impulsadas por turbinas a vapor tienen un sistema de corte por alta velocidad?

Si la bomba se queda sin agua o se rompe el manchón de acople, o falla el mecanismo de regulación de las r.p.m. (control de revoluciones por minuto), la turbina puede hacer que la bomba o la turbina, tome una velocidad tan alta que se "centrifugue" (gira tan rápido que "vuelan" partes de la misma como una "boleadora", con un poder destructivo de una potencia extraordinaria). Estos mecanismos deben mantenerse de acuerdo a las normas indicadas por el fabricante. (También si el motor de impulsión es de corriente continua puede pasar lo mismo, a las que hay que sumar el corte de un campo eléctrico, ya que quien controla la rpm del motor es la intensidad de campo magnético).

¿Porqué las bombas centrífugas deben compensar el movimiento "axial" (a lo largo del eje)?

Las bombas centrífugas tienen en el rotor de un lado la presión de succión (presión que puede ser por debajo de la atmosférica en algunos casos o por encima si el tanque de alimentación está suficientemente elevado sobre la succión de la bomba) y del otro lado del rotor estaría la presión de la descarga más alta (dependiendo del diámetro del rotor, el número de rotores y las r.p.m. del rotor). Esta diferencia de presión de entre

los lados de los "discos" (rotor) produce un "empuje" que tiende a ejercer una presión lateral. Si son muchos discos, esta presión o fuerza aumenta. Este esfuerzo debe ser absorbido por los cojinetes o por dispositivos especiales : poner discos encontrados para igualar el esfuerzo entre ambos lados, poner discos de compensación, hacer orificios de compensación interna (que consumen energía por recirculación interna que bajan el rendimiento de la bomba).

Las bombas con disco de compensación deben tener su acople al motor eléctrico o a la turbina de impulsión, con suficiente "juego axial" (movimiento libre en sentido del eje) de manera que sea el disco compensador quien ajuste la posición en que debe trabajar la bomba (de lo contrario las luces internas no serán la que correspondan a la posición del disco de compensación, pudiendo haber "recirculaciones internas" que consuman una potencia por encima de lo normal.

Además no debemos olvidar que las bombas se ajustan al hacer su alineación y posición con la bomba a temperatura ambiente, pero luego estarán a mayor temperatura (más de 100ºC si el agua es desaireada mecánicamente) y esto produce una dilatación de la bomba, que hace que haya un corrimiento en el sentido axial (a casi 1 mm. por metro de bomba).

¿Porqué el agua caliente hace que las bombas dejen de "tirar"?

Una bomba es capaz de "succionar" el agua porque en realidad es la presión atmosférica quien la "empuja" para que entre por la toma de la succión y se introduzca en el interior de la bomba para que recién en el interior del rotor es impulsada para levantar presión. Esto significa que para que la bomba no tenga la necesidad de crear un "vacío" interno capaz de elevar el agua desde un pozo (teóricamente con una profundidad máxima equivalente en metros a la presión atmosférica del lugar : al nivel del mar aprox. 10,033 m., por lo cual prácticamente la succión máxima teniendo en cuenta el rozamiento y presión de vapor del

agua a la temperatura ambiente es de unos 7 m. la succión máxima de trabajo), necesitamos un **tanque elevado por encima de la bomba para que haya una presión positiva del agua** (su propio peso elevado) para empujar con dicha columna de agua a que la misma se introduzca en el interior de la bomba (venciendo el rozamiento de la cañería cuando esta fluye). Pero ocurre que el agua tiende a vaporizarse a una determinada presión que está de acuerdo a su temperatura, esto provoca que cuanto más alta sea su temperatura más se vaporiza y esto hace que el "efecto de vacío" sea menor, obligando que cuanto más caliente esté el agua, más alto deberá ser el tanque de alimentación (debiendo ser por lo general más de 5 metros de altura de la succión de la bomba para poder trabajar a 100ºC). Si el tanque está presurizado con vapor, la altura deberá ser la indicada (aprox. 5 m.), debido a que si el tanque por tener una temperatura mayor a 100ºC en en el caso que sea presurizado, también su presión de vapor será mayor y hace que se compense contrarrestando la presión interna del tanque (lo cual no favorece a la presión de succión).

Cuando se forma una burbuja de vapor en la zona de succión de la bomba (al entrar el agua en el rotor), esta burbuja hace perder capacidad a la bomba debido a que este volumen ya no es ocupada por agua y se nota porque produce un "ruido" interno (que son la burbujas de vapor que colapsan contra el material del rotor, provocando su destrucción o corrosión mecánica).

Este fenómeno se caracteriza por ser llamado : **cavitación de la bomba.**

En resumen: cavitación es el fenómeno que provoca una vaporización del agua en el interior de la bomba, impidiendo este vapor mantener las condiciones de succión (el "vacío" necesario).

Se caracteriza este fenómeno por :

a-La bomba no alimenta correctamente.

b-Se sienten ruidos como a "moledora de maíz".

c-Los rotores de las bomba se "corroen" del lado contrario al del ataque o impulso. (pequeños cráteres que se provocan por las implosiones del agua al romperse el vapor de "flash" por aumentar la presión y bajar la temperatura por mezcla con agua más fría) y que esta corrosión se acelera por efecto de las condiciones químicas del agua y el material de construcción de la bomba).

¿Porqué otras razones se produce la "cavitación" en las bombas?

Si observa la contestación anterior, tendrá una idea de lo que es el fenómeno menor de la cavitación : una falta de capacidad de succión por la vaporización del agua en la succión de la bomba, que provoca daños al material de la misma, fuera de que la bomba pierde capacidad.

Dijimos que la temperatura del agua es la principal causa, ya que a más temperatura el agua más fácilmente se vaporiza y provoca el fenómeno. Pero cuanto más alto sea el vacío del lado de succión de la bomba más será la posibilidad que esta "cavite", veamos las causas más importantes que nos llevan a este fenómeno:

1-Como dijimos, a mayor temperatura más cavitación (elevemos el tanque de alimentación).

2-Cualquier restricción del lado de la succión provocará un mayor vacío lo cual hará cavitar la bomba : **a-**cañería de poca sección, **b-**cañería incrustada (mayor fricción para fluir el agua), **c-** filtro de succión sucio (hay una "pérdida de carga" o fricción que hace necesario mayor succión), **d-** si la bomba se le hace bajar la presión de descarga y con ello se pretende aumentar su

caudal, la pérdida de carga por exceso de caudal en la cañería de succión puede provocar cavitación, **e-**la presencia de elementos volátiles en el agua puede provocar que al vaporizarse éstos también se provoque cavitación **f-** el tipo de rotor bomba (la forma del rotor del lado de succión lo hace adecuado o nó para atribuir su capacidad de succión sin cavitar), **g-** la revoluciones por minuto del rotor (a más rpm más facilmente cavitará).

¿Porqué debemos evitar que las bombas entren en cavitación?

Porque el efecto de cavitación provoca el ataque físico (y facilita el ataque químico) de los álabes de la bombas, provocando su destrucción en poco tiempo.

¿Porqué medios podemos evitar la cavitación?

Una instalación bien planeada y una bomba bien elegida evitarían entrar en cavitación a la bomba, para ello debemos de tener :

1-El tanque de alimentación con suficiente altura sobre la succión de la bomba (idealmente unos 5 m. de altura). Esto nos permite trabajar con agua caliente que es mejor para la caldera (para des-airear y para evitar los choques térmicos y mantener la respuesta de la caldera a las demandas de vapor).

2-La cañería de succión con suficiente diámetro, evitando usar curvas cerradas o elementos que puedan provocar restricciones a la circulación del agua.

3-Disponer de filtros generosos y de fácil limpieza para no restringir el pasaje del agua.

4-Elegir bombas adecuadas, con una succión que

disminuya el efecto de cavitación (esto generalmente está en el diseño constructivo, en las r.p.m, etc.).

5-Controlar la presión de descarga (evitar entrar en la zona de cavitación por exceso de caudal).

¿Porqué medios se puede dictaminar que una bomba está cavitando ?

1-El ruido que provoca a “desgranadora de maíz”.

2-La falta de capacidad de bombeo.

3-Al desarmarla se nota corrosión del lado contrario al impulso de los álabes del rotor (debajo de la curvatura del álabe).

4-Trazando una curva presión de descarga contra consumo de energía (con un manómetro a la descarga y una “pinza amperimétrica”) esta curva será de menor consumo que la curva trazada sin cavitación, hay como una pérdida de potencia al intentar aumentar el bombeo (apertura de descarga o menor presión a la descarga).

5-Introduciendo una pequeña cantidad de aire por la succión de la bomba se deberá sentir una disminución del “ruido” provocado por la cavitación.

6-En situaciones graves, si disponemos una “pinza amperimétrica” para medir el consumo de energía, veremos que el mismo “oscila”.

¿Porqué las bombas de alimentación de varias etapas (alta presión) cuando trabajan con agua caliente al arrancar se deben de “ girar a mano” y circular el agua de alimentación a la temperatura de servicio (generalmente a más de 100ºC al tener desaireador?

Dado que estas bombas tienen muchas etapas, sus ejes son largos y sus espárragos también, se puede correr el riesgo que si sufren un calentamiento de “golpe” al arrancar en “frío”, se puedan torcer momentáneamente y provocar el roce de los elementos giratorios y los estacionarios, con un probable arrastre

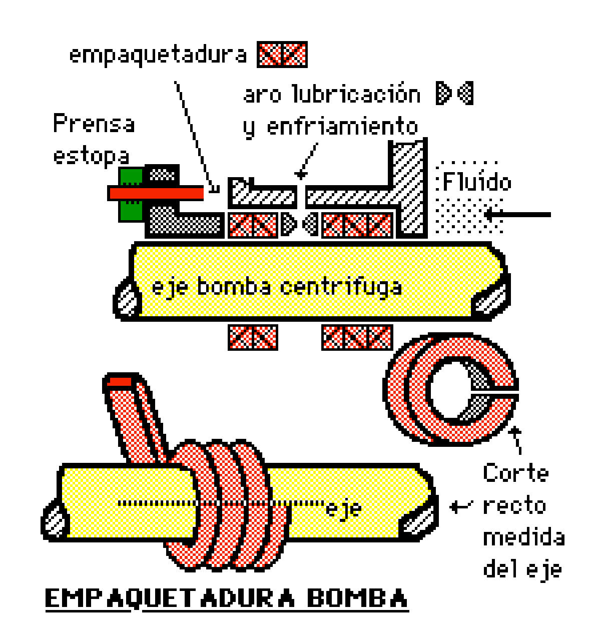
de material con deterioro del mismo, especialmente los sellos y manguitos. Algunos espárragos podrán ser afectados debido al calentamiento del cuerpo de la bomba que fuerza a los espárragos tensores y que luego al calentar éstos ya no tendrán la tensión adecuada para mantener el sello entre etapas.

Antes de poner en marcha la bomba, con la succión abierta y purgando del lado de descarga, haga circular el agua relativamente caliente girando la bomba (a mano) hasta lograr su calentamiento "parejo".

¿Porqué las empaquetaduras de las bombas deben ser cortadas a 90º (rectas) y puestas con sus uniones desfasadas?

Si cortamos las empaquetaduras en "chanfle" o a 45º como en las empaquetadura de las válvulas, se corre el riesgo de que la empaquetaduras se "clave" al apretarla y roce con fuerza sobre el eje, quemándose la empaquetadura por la alta temperatura que genera la fricción. Al cortarlas rectas (90º), al apretar los cordones de empaquetaduras tienden a sellar en su centro y no en todo el cordón , lo cual disminuye la fricción sobre el eje. Las uniones puestas distribuidas evita que el pasaje del agua sea fácil entre los distintos cordones.

Apriete la empaquetadura suave y con la bomba en marcha haga pequeños ajustes, dejando perder varias gotas por minuto para mantener la lubricación y enfriamiento de la empaquetadura.



¿Porqué se instalan recirculaciones de agua a la bombas de alimentación de caldera?

Generalmente se instala una recirculación de agua de la descarga de la bomba al tanque de alimentación de agua a aquellas bombas de alimentación que tienen válvulas de regulación de la alimentación, estas bombas por lo general funcionan permanentemente, en determinados momentos las válvulas pueden cerrar el suministro de agua a la caldera y la bomba queda funcionando. Al estar la bomba funcionando y sin circulación del agua, hará que se produzca un recalentamiento interno del agua debido al rozamiento de la misma con las partes de la bomba al girar los rodetes en su interior. Si este sobrecalentamiento no es "sacado" del interior de la bomba puede llegar a ser tan alto que su temperatura transforme en vapor al agua y esta sea expulsada hacia la alimentación de la bomba, dejando la bomba sin lubricación de agua y sin enfriamiento. A las posibles fricciones internas que puedan llevar a fundir la bomba, también se suma que deja la bomba "descebada" hasta que vuelva a condensar el vapor en su interior

(sin la posibilidad de que alimente si esto ocurre).

Por lo tanto toda bomba de alimentación continua o sea modulada, debe tener una circulación que será un % de la alimentación máxima de la bomba según sea esta.

Esta recirculación generalmente o casi siempre, es fija y se hace por medio de una cañería que tiene una restricción apropiada al alto desgaste que provoca la fricción del agua al estar restringida (placas de orificio de metal duro, cámaras de varias etapas, laberintos, etc.).

¿Porqué las cañerías de purga de fondo deben ir "ancladas" firmes a la estructura del piso, dejando la dilatación correspondiente?

Cuando se purga una caldera, especialmente de fondo, la cañería de purga primero debe ser calentada abriendo lentamente la purga en su primera etapa, pero luego de estar la cañería dilatada, se procede a la apertura rápida de la válvula (esto depende del tipo de caldera y presión), esta apertura rápida provoca una alta velocidad del agua caliente sobrecalentada de la caldera que tiende a reevaporar ("flash"), la masa de agua toma tanta velocidad que al "golpear" en curvas de la descarga genera muy altas tensiones ("golpes de ariete") que pueden provocar la rotura de la cañería y con ello dañar a las personas y al material. Por tal razón las cañerías deben ser soldadas y bien afirmadas, evitando curvas cerradas y dejando la dilatación correspondiente (casi 1 mm. por metro y por cada 100ºC).

¿Porqué las cañerías de purga no deben descargar a 90º (en ángulo recto) al conectarse a la cañería principal de purgas?

Una cañería de purga conectada a 90º hace que cuando

la misma se utiliza, el "chorro" de alta velocidad de agua y vapor "choquen" contra el metal de la cañería "descarnando" (corrosión por erosión) el metal del caño en donde descargan, provocando al poco tiempo su perforación. Este efecto en las purgas se elimina haciendo la interconexión con curvas suaves en el sentido de la circulación de la cañería a la que debemos conectarnos.

¿Porqué las cañerías de purga tienden a corroerse rápidamente?

La descarga de una purga es agua sobrecalentada, esto significa que descargamos un agua a una temperatura de saturación correspondiente a la presión del vapor, pero en la cañería de purga la presión una vez cerrada la purga es la atmosférica o un poco menor o mayor (según sea el tanque de enfriamiento de purga). Al purgar esta agua sobrecalentada tiende a evaporarse ("flash"), mientras está abierta la purga es una mezcla de agua y vapor a una presión correspondiente a la pérdida de carga de la cañería, pero al cerrar la purga la cañería tiende a vaciarse porque se llena de vapor, si no tiene tanque de enfriamiento entrará aire que con su oxígeno atacará el metal de la cañería y si tiene tanque de enfriamiento una vez que se enfría retrocede agua "sucia" del tanque cargada de oxígeno o generalmente de otros elementos contaminantes que provocan corrosión.

Por tal razón es conveniente hacer una adecuada instalación del sistema de purgas , descargando a un pozo de enfriamiento de aguas limpias (solo de purgas de caldera).

¿Porqué las válvulas purgas de fondo deben ser calificadas?

La operación de una válvula de fondo es una operación de riesgo para la caldera y el operario, ya que si la válvula no cierra o tiene un desperfecto mecánico (rotura), tanto puede dañar al operador como dejar sin agua la caldera (y quedar la misma fuera de servicio). Las válvulas de purga de fondo conviene que sean válvulas adecuadas a la función (de una serie más alta a la correspondiente a la presión trabajo, mecánicamente apta, de

paso no restringido, de materiales que soporten un "stress" térmico y mecánico, la más exterior de acción rápida, etc.) y además es muy tranquilizador que estén dispuestas de a dos en serie, de manera que la válvula más cercana a la caldera sirva de válvula de seguridad, ya que si abrimos esta primero y la cerramos por último, estará en condiciones para ser operada en caso de que falle la válvula más alejada de la caldera, permitiendo que esta última válvula pueda ser desarmada con la caldera en servicio para una reparación de emergencia.

¿Porqué a pesar que las válvulas de purgas por su "ruidoso" efecto al ser abiertas parecen sacar un gran volumen de agua?

Porque el agua de caldera al estar sobrecalentada (más de 100ºC e igual a la temperatura de saturación del vapor de la caldera) al pasar a la cañería de purga sufre una reevaporación ("flash"), que hace una especie de "tapón de vapor" que dificulta la salida del agua, haciendo que en apariencia se saca una gran cantidad de agua. Para saber realmente la cantidad de agua que saca la purga, conviene mirar el nivel visual, la altura que disminuye el nivel de agua (no olvidar que la bomba de alimentación está tratando de recuperar el nivel) multiplicado por la sección del espejo de agua a esa altura en el interior de la caldera equivale al volumen de agua purgado.

Ejemplo: el espejo de agua de la caldera es de 3 metros de largo y 1,2 metros de ancho (la superficie en decímetros cuadrados es : 30x12=360 dm2 y si el nivel baja 2 centímetros, el volumen será : 360x0,2=72 dm3, decímetros cúbicos o sean litros). Generalmente las purgas de los controles de nivel no pasan de 20 litros por purga. Por esta razón (la necesidad de extraer grandes cantidades de agua para purgar) y por otras (mantener las sales disueltas en un nivel máximo estable), es que se instalan las purgas continuas.

¿Porqué se instalan las purgas continuas?

Porqué las purgas de fondo y de nivel generalmente son

insuficientes para mantener el nivel máximo de sales (T.S.D., la alcalinidad, PH, etc.), ya que al operarlas la cantidad de agua que sale no es muy importante y el operario debería en algunos casos estar purgando de fondo casi permanentemente, cosa que no es adecuado ni conveniente. La purga continua fundamentalmente sirve para sacar el agua con sus sales disueltas, las purgas de fondo sacan el agua con "barros" y sales disueltas (es conveniente que se hagan periódicamente), pero la purga continua permite que el límite máximo de control se mantenga en un valor estable y no alternativo. Su control es más fácil de llevar químicamente, ya que con pequeñas alteraciones su efecto se nota en el correr del tiempo, además el calor que "tiramos" por la purga continua es recuperable en su mayor parte por un recuperador (intercambiador de calor), también no afecta a la marcha de la caldera y prácticamente no hay riesgos operativos en su utilización (no siempre se puede purgar de fondo, ya que en la mayoría de los casos se debe apagar el quemador).

¿Porqué se agitan los niveles cuando falta purga?

Al purgar, estamos sacando del interior de la caldera agua con sales disueltas, "barros" (elementos en suspensión), elementos no miscibles con el agua (algunos elementos orgánicos que no se disuelven en el agua). Todos estos elementos o cada uno en particular, cuando llegan a un determinado valor y dependiendo del régimen de combustión de la caldera (producción de vapor en ese momento), tienden a formar "espumas" (cambian la tensoactividad del agua como si fuera un "jabón"), estas espumas provocan burbujas (de vapor) de gran tamaño en el interior de la caldera sobre las superficies de intercambio térmico, que hacen oscilar el nivel de la caldera, cosa que se refleja en el nivel visual como una oscilación. Esto puede llegar a ser tan "grave" que pasa de provocar pequeños arrastres de agua de caldera al vapor hasta provocar el "arrastre" espontaneo del agua de la caldera ("priming") y con ello provocar un "desastre" en las líneas de vapor y sus equipos ("golpe de ariete"). Así como provocar la quema de la caldera (especialmente

el hogar y la placa más caliente, ya que es el agua quien las refrigera y al alejarse la misma, las superficies metálicas se calienta tan rápidamente por el contacto con altas temperaturas del lado de combustión, que la presión interna de la caldera deforma dichas partes (especialmente el hogar se deforma, las placas tienden a rajarse, los tubos en los mandriles y soldaduras tienden a fallar, etc.)

Cuando los niveles oscilen más de lo normal, es conveniente activar las purgas (especialmente la continua abrirla al máximo hasta que pase el efecto y se hagan análisis químicos de control).

Pueden haber otras causas mecánicas que producen la oscilación del nivel del agua:

a-Fluctuaciones importantes en la combustión.

b-Consumo excesivo de vapor.

c-Zonas de la caldera con dificultades de circulación por barros e incrustaciones (capillas, gasógenos, etc.)

d-diseño inadecuado de la circulación en cargas altas de vaporización.

¿Porqué el nivel visual no siempre es la exacta repetición del nivel de agua del interior de la caldera?

Hay un efecto provocado por la densidad del agua, la densidad del agua es afectada por la temperatura (cuanto más caliente esté el agua más "liviana" será dentro de los valores normales de temperatura que hay en el interior de las calderas de vapor de baja y media presión. Ejemplo: esto es observable cuando nos metemos en el agua de playa y vemos que el agua superior es más caliente, porque sube por ser más liviana). Es también afectado por las "burbujas" de vapor o de gases que se desprenden del seno del agua que se calienta (todos podemos observar que el agua de una olla al hervir tiende a subir en la zona que se desprenden las burbujas de vapor que se forman en el fondo sobre donde actúa el fuego); la salinidad y el PH del agua también influye en la densidad del agua, cuanta más sales tienen más pesada se vuelve, pero como el exceso de sales y PH produce "espumas" (burbujas en el seno del agua que difícilmente se

desprenden), el resultado final en el interior de la caldera es que la densidad del agua disminuye (salvo que la caldera tenga los fuegos apagados).

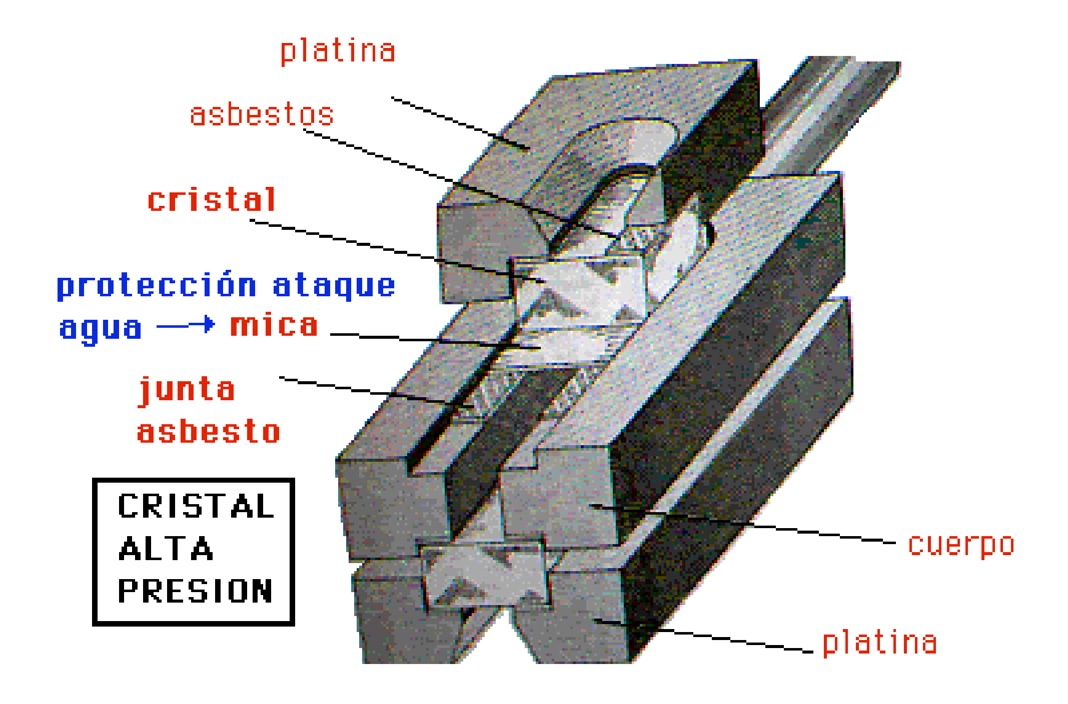
El el tubo de nivel y en las cañerías que lo conectan a la caldera (columna hidrométrica), el agua generalmente en el momento del arranque de la caldera es más pesada porque el agua está más fría, luego que calienta la caldera, esta agua se calentará por el condensado de la línea de vapor que conecta con la cámara de vapor (pero seguirá siendo más fría, pero no tanto), aunque debemos de reconocer que dicha agua tendrá menos sales (por ser condensado), pero a su vez el agua del interior de la caldera¿ cuando esta vaporiza en forma elevada, será más liviana por estar llena de burbujas de vapor ascendentes, que en el nivel no existen, todo esto nos dará como resultado :

1-Cuando arranco con la caldera fría el nivel del agua deberá ser menor al nivel normal, ya que habrá una dilatación del agua al calentarse que hará subir el nivel por encima del nivel máximo en caso que arranquemos con el nivel normal, **pero a su vez el nivel visual indicado será menor, por estar la columna de agua del nivel prácticamente fría.** Sino tomamos esta precaución, la caldera arrancará con un nivel interior de agua que podrá producir arrastres en el momento de conectar la caldera a los consumos, esto es debido a la disminución de la cámara de vapor y por lo tanto también la distancia del agua al separador de vapor será menor.

2-Cuando la caldera vaporiza al máximo, debemos de tener cuidado que el nivel no esté demasiado alto, ya que el nivel interior será más alto por la presencia de burbujas de vapor en el interior de la caldera y si el nivel es ya alto, se producirán arrastres de agua con el vapor.

3-La elevada salinidad del agua por falta de purga será un factor de arrastre (formación de espumas), pero que debido a esta razón (burbujas y espumas) la densidad del agua será menor en el interior de la caldera (las burbujas permanecen en la circulación del agua de la caldera), por lo que el nivel de agua indicado será menor y sin embargo el riesgo de arrastre será

mayor por las dos razones antedichas : nivel alto y espumas. Este fenómeno se refleja en el nivel visual porque provoca como oscilaciones en el nivel (se deberá purgar lo antes posible y hacer un control de salinidad, tanto de sales disueltas, como en suspensión, el PH también juega un papel fundamental).



¿Porqué los tubos o cristales de los niveles visuales se "gastan" en la zona en contacto con el nivel del agua?

El agua de caldera debe tener un cierto valor de PH, generalmente no inferior a 10,5 y no mayor 11,5 (este último valor está limitado a la presión de trabajo de la caldera, las calderas con presiones mayores a 20 Kg/cm2 trabajan con PH menores a 11,5).

Estos valores de PH son para lograr estar dentro de la zona de menor corrosión en el interior de la caldera y cuando el tratamiento es con fosfatos la importancia es mayor, ya que si trabajamos con fosfatos con valores más bajos de PH a 10,5 , corremos el riesgo de producir barros de fosfatos incrustantes.

Para lograr obtener estos valores de PH generalmente se hacen a través de la presencia del sodio (Na, sales de sodio), cuanto más sodio libre pueda haber en el agua de caldera, mayor será el ataque del sodio al material del tubo de nivel (o cristal), aunque se busca que el material de los tubos y cristales sea lo más resistente al sodio. Al aumentar la presión de trabajo los cristales son más atacados por elevado PH (debido al sodio y la alta temperatura) por lo que en calderas de media y alta presión es aconsejable la utilización de un superficie que separe el contacto del cristal con el agua (generalmente a base de “micas” en forma de láminas que se ponen entre el cristal y el agua, a los efectos de aislar el vidrio o cristal del sodio del agua).

Las calderas que son alimentadas con aguas de pozo ablandadas son muy perjudicadas por este fenómeno, ya que las agua muy duras al ser ablandadas sus sales de calcio y magnesio se transforman en sales de sodio. Generalmente esto se corrige a base de altos % de purgas o con tratamientos químicos adecuados (intercambio iónico, productos químicos que amortiguen la presencia del sodio, etc.

LA COMBUSTION

¿Porqué en la combustión de gas y de leña se debe monitorear con un instrumento, que además de medir el CO2 ó el O2, debe indicar el CO (monóxido de carbono) ?

La combustión de gas tiene una llama muy poco visible, si esta llama llega a la zona de los tubos en la caldera, se enfría, al enfriarse se apaga y generalmente no se producen humos visibles que indiquen la mala combustión. Algunos gases tienen la velocidad de combustión muy alta (como el hidrógeno) y otras muy bajas (como el CO o sea el monóxido de carbono). Esta velocidad de combustión aumenta con la temperatura. El CO (que es un gas) para entrar en combustión debe haber una buena temperatura, exceso de aire y debe haber un tiempo relativamente largo para lograr su combustión completa, como su llama no es muy visible, es muy difícil saber si se ha logrado su combustión completa si no se hace un análisis de "gases no quemados" (o monóxido de carbono) a la descarga de gases en chimenea. Tanto los gases naturales o artificiales contienen o se forma CO, también en la combustión a leña (aún si la quema es directa) la leña tiene una buena parte final de su combustión en forma gaseosa (o gases que se forman por destilación de la leña en la parrilla por alta temperatura o el mismo CO2 -anhídrido carbónico- que se descompone en CO en unas de las etapas y el cual habrá que quemar en la etapa siguiente, para lo cual deberemos tener exceso de aire suficiente, tiempo y temperatura.

Tanto que si controlamos la combustión midiendo el exceso de aire con el CO2 o el O2, es insuficiente para saber si estamos con un exceso de aire o una falta de aire (debajo del aire mínimo), ya que si hay O2 en exceso en chimenea, esto no significa que este haya podido entrar en la combustión completa, ya que puede ser el "sobrante" de una mala combustión. Use el triángulo de "OSTWALD" para saber si las medidas son "coherentes", es decir, si son correctas.

No olvidar que tanto el gas como la leña generalmente no presentan humos aunque haya una muy mala combustión. En el caso del F.Oíl si falta el aire habrá formación de humos, lo cual es un indicación segura de que hay falta de aire o mala combustión.

Vea en la página siguiente un triángulo de OSTWALD para F.Oíl pesado, en el cual se podrá buscar el punto de encuentro de las medidas hechas con un ORSAT (medidas en gases secos).

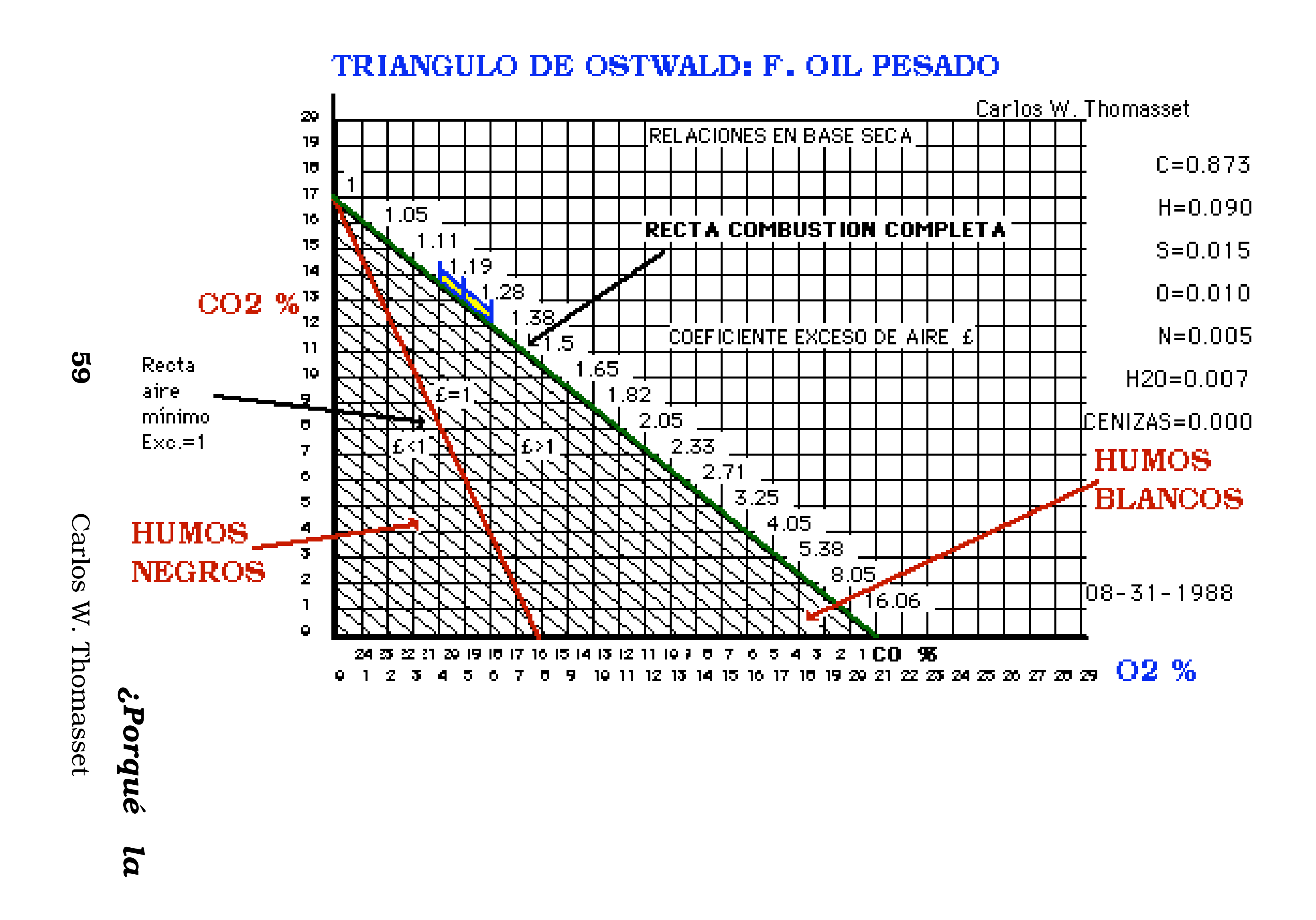
En la horizontal encontramos la medida de oxígeno (máximo atmosférico 21% en volumen).

En la vertical encontramos la medida de CO2%, el máximo para el F.Oíl pesado es de aprox. 16,5%.

La recta que une los máximo de O2% (21%) y el CO2% (16,5%) es la correspondiente a los excesos de aire con combustión completa.

Las paralelas a la recta anterior (combustión completa), en el interior del triángulo, corresponden a los % de CO, combustión incompleta (partiendo que sólo sea éste gas el no quemado).

Cuando medimos CO2%, O2% y CO%, supuestamente se deberán encontrar en un punto en la gráfica. En la práctica esto no es así, por lo que debemos tomar como punto el centro de un triángulo formado por los 3 puntos indicados por los valores medidos.


TRIANGULO DE OSTWALD: F. OIL PESADO
Carlos W. Thomasset
RELACIONES EN BASE SECA
C=0.873
H=0.090
S=0.015
O=0.010
N=0.005
H20=0.007
CENIZAS=0.000
RECTA COMBUSTION COMPLETA
COEFICIENTE EXCESO DE AIRE £
1
1.05
1.11
1.19
1.28
1.38
1.5
1.65
1.82
2.05
2.33
2.71
3.25
4.05
5.38
8.05
16.06
£=1
£<1
£>1
CO2 %
Recta aire mínimo Exc.=1
HUMOS NEGROS
HUMOS BLANCOS
08-31-1988
CO %
O2 %

¿Porqué la

combustión de gas obliga a un monitoreo (vigilancia) de llama más adecuado que una simple "fotocélula"?

La combustión de gas, en general , produce una llama poco visible, la célula fotoeléctrica normal no "ve" a esta llama (está fuera de rango su espectro sensible, ya que ella detecta más próximo al espectro visible e infrarrojo, y la llama del gas está en la zona del ultravioleta u onda más corta). Por lo que para detectar la llama de la combustión de un gas se utilizan células fotosensibles especiales que son capaces de captar los rayos emitidos por la combustión del gas o se utiliza la propiedad del gas en combustión que ioniza las partículas en combustión (usando esta propiedad se instalan "varillas de ionización", que detectan las partículas ionizadas y son capaces de dar una corriente de señal para hacer actuar un censor de combustión). Ionizar significa que las partículas se cargan con voltaje, volviéndose algunas con carga positiva y otras equivalentes con carga negativa.

¿Porqué la eficiencia de combustión refleja la eficiencia de transferencia (o aprovechamiento del calor)?

La eficiencia de combustión refleja la capacidad de la reacción del oxígeno con los elementos combustibles (carbono e hidrogeno especialmente), indicando si esta se ha realizado completamente, entregando el combustible su máximo calor en el hogar (es decir que no hay en los gases de chimenea elementos sin quemar, que se perderían por la chimenea sin aprovechar el calor). Contabiliza la pérdida a tener en cuenta por el exceso de aire que necesariamente debemos tener (hasta cierto límite depende del combustible y del tipo de quemador), exceso de aire que también es calentado hasta la temperatura máxima de chimenea y se pierde por ésta. **Pero la temperatura de chimenea está relacionada a la capacidad de transferencia.** Es decir, que si la caldera en su régimen normal de marcha, con un exceso de aire normal, la temperatura de chimenea será de un valor que dependerá de la limpieza de las superficies de

transferencia (hollín del lado del fuego e incrustaciones del lado del hogar, o la probabilidad que exista un "by-pass" de gases por rotura de un "baffle" , "by-pass" que permite que el gas caliente no haga su recorrido normal y permita que el calor se escape por la chimenea).

Por lo que la Eficiencia de combustión debería de llamarse : Eficiencia de combustión y transferencia.

¿Porqué se producen las explosiones de hogar?

Varias pueden ser las causas de las explosiones de hogar:

1-Falta de "barrido" (de aire) al prender el quemador, la presencia de combustible en hogar en el momento de prender el quemador, especialmente si hay cierta temperatura, al prender la llama piloto o mechero, una mezcla del combustible gasificado con el aire que se introduce para prender el quemador forma una combinación explosiva que al entrar en contacto con una llama se produce la explosión : **por lo que se hace imprescindible el "barrido" de gases con aire** (solamente) **durante unos segundos (o minutos) y en caudal suficiente.**

2-La presencia de calor excesivo o llama en el hogar en el momento de proceder al encendido del quemador. Este calor acumulado en los refractarios (incandescentes) o la presencia de combustible ardiendo, hace que la introducción de combustible que se vaporiza o que ya está vaporizado, entra en combustión con dicha llama o foco de calor en forma violenta provocando una explosión de hogar de variada potencia.

Para evitar esto, se debe observar o tener un censor (fotocélula) que nos indique que no existe la situación de llama residual o foco luminoso de calor, además del "barrido", primero debe introducirse el mechero o encenderse la llama piloto, antes de proceder a alimentar el combustible.

3-Falla del censor de llama en detectar la presencia

de llamas o focos de alta temperatura (refractario). Esto permitirá el encendido del quemador el cual introducirá el combustible piloto o principal sobre la llama o foco de calor con una explosión de hogar.

4-En calderas a leña la introducción de combustibles volátiles o que se volatilizan con el calor. Generalmente intentando reencender una caldera a leña con combustibles líquidos, que se viertan sobre las parrillas y estos vaporizan y provocan una explosión de hogar.

5-El apagado momentáneo de un quemador y su restablecimiento sin procedimiento de reencendido. Esta falla puede ser debido en un quemador a combustible líquido o gaseoso por una pérdida momentánea de la presión de combustible y el censor de llama no actúa con suficiente rapidez como para cortar el combustible y proceder a un procedimiento de reencendido. En el gas es fundamental tener un control de baja y alta presión de gas en línea, que apague el quemador frente a una variación anormal del gas.

6-Condiciones inestables de la llama. En este caso, la llama por razones de maniobras, momentáneamente entra en una zona de inestabilidad de llama, pudiendose formar una mezcla explosiva que se reenciende en el seno de la misma llama. Hay quemadores que son inestables o hay calderas en que esta inestabilidad se produce con más facilidad. Estas calderas pueden es estar quemando combustibles como el carbón en polvo o aserrín, combustibles líquidos livianos o gaseosos.

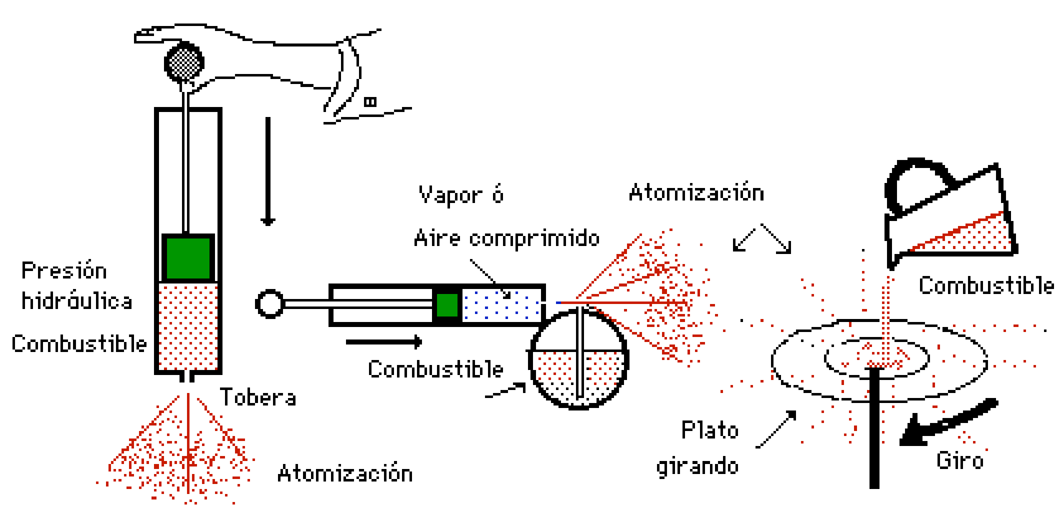
Es conveniente que estas calderas tengan "tapas o válvulas de explosión". O sea que se abren si la presión del hogar es muy alta y se cierran al pasar dicha onda de presión (se cierran por medio de pesas, resortes, etc. o tienen una superficie de sello de agua).

¿Porqué el F.Oíl se calienta en la atomización mecánica por presión a una temperatura mínima y máxima?

Para atomizar por presión el F.Oíl pesado debemos de bajar su viscosidad (hacerlo que quede fácil de que forme gotitas

pequeñísimas al atomizar, haciendo que se parezca a un combustible liviano o si se quiere a un "agua"). La viscosidad, una forma de cuantificar el trabajo del desplazamiento del líquido entre dos superficies o un tubo, se mide en forma de diferencia, como ser el tiempo en pasar una determinada cantidad del combustible por un determinado orificio, ya que a medida que calentamos este combustible se "afina", pasando cada vez con menor tiempo, hasta que se llega a una temperatura en que prácticamente el tiempo es el mismo aunque la temperatura se siga subiendo : Es decir que se hace innecesario su calentamiento por encima de esa temperatura porque ya la viscosidad no baja más y se corre el riesgo de que el combustible se degrade (se "coquice" o "cocine" formando cascarillas de carbón o elementos abrasivos que destruyen y tapan los distintos orificios de compensación de los quemadores, sus calentadores se ensucian con incrustaciones de cascarillas de coque, etc. La temperatura máxima de un F.Oíl pesado por lo general no conviene que pase de 145ºC.

La mínima temperatura es la que el combustible, según sea el tipo de quemador, ya no se puede atomizar porque su viscosidad es muy alta y las gotitas de atomización serán muy "gruesas". Generalmente esta temperatura mínima es controlada por un termóstato que apaga o no deja prender el quemador si la temperatura no está por encima de dicha mínima (por ejemplo: 90ºC).



¿Porqué el F.Oíl no se debe calentar en la atomización mecánica por copa rotativa a demasiada temperatura ?

Los quemadores de copa rotativa, quemando F.Oíl pesado generalmente trabajan a una temperatura más baja que los de atomización mecánica por presión y aún por vapor (aprox. 85ºC máximo), esto se debe a que si la viscosidad es muy baja el combustible no es "tomado" por la copa girando (como si resbalase) y prácticamente es impulsado por su inercia al hogar sin atomizar bien. Debemos respetar una temperatura mínima (aprox. F.Oíl pesado en unos 75ºC) para que atomice relativamente bien pero que la copa los pueda impulsar en finas gotitas de atomización.

¿Porqué hay corrosión en las chimeneas de las calderas?

En prácticamente todos los tipos de combustión hay corrosión, cualquiera que sea el tipo de combustible, veamos las razones:

1-En F.Oíl la corrosión principal se debe a la presencia de azufre en el combustible, que al quemar produce anhídrido sulfuroso (SO2) que en determinadas condiciones pasa a transformarse en ácido sulfúrico, ácido muy corrosivo en la

presencia de agua (especialmente con el hierro). Para que el ácido sulfúrico sea corrosivo, la presencia de agua es fundamental (el agua sale de la combustión del hidrógeno que contiene el combustible-en este caso puede ser de más de 1 litro por kg. de F.Oíl, más la humedad que aporta el aire de la combustión y el combustible), para que ello ocurra la temperatura de chimenea debe ser no mayor al punto de rocío (temperatura en la que se empieza condensar agua), como esta temperatura está ligada a la concentración de ácido del combustible, cuanto más alta la concentración de azufre más alta será la temperatura de rocío, es decir a mayor temperatura se produce la condensación del agua con el ácido y la chimenea se corroe (la temperatura mínima permitida por lo general en chimenea e intercambiadores de hierro, es de 180ºC, por debajo de ésta la corrosión es muy importante).

2-En la leña, en los combustibles gaseosos, etc. que generalmente no hay azufre, la corrosión también está asociada al punto de rocío, pero en este caso los ácidos presentes no pertenecen al azufre, sino que se deben a ácidos formados por la mala combustión (llamados generalmente ácidos piroleñosos, como ser de la composición del ácido acético, fórmico, etc.). El agua en este tipo de combustión también es importante, tanto la del resultado de la reacción del hidrógeno como del agua que trae la propia leña. En los gases licuados y naturales, la cantidad de hidrógeno es muy elevada y por lo tanto el agua que se produce también. Esta mala combustión no significa que falte oxígeno, sino que las llamas con insuficiente tiempo y temperatura no terminan de quemar y se apagan, quedando en la corriente de gas quemado toda una gama de elementos sin quemar y entre ellos estos ácidos que corroen el hierro de la chimenea e intercambiadores. En leña la temperatura mínima que se puede trabajar en chimenea es de unos 80ºC, pero esto depende de la calidad de la combustión, pues al igual que el azufre, cuanto más mala sea la combustión mayor será la temperatura en la que se produce el punto de rocío.

Con la quema del gas natural ocurre lo mismo.

3-En la quema de cáscaras, como la de arroz, hay gases sin quemar con características ácidas, pero además hay una cierta cantidad de azufre que forma ácido en el punto de rocío. Además de los fenónemos abrasivos que produce la elevada sílice que contiene, ayudando a que la corrosión aumente.

4-Los carbones, antracitas y otros residuales, contienen gran cantidad de azufre.

5-Toda combustión produce óxidos (CO2, NO, NO2, etc.) que con la presencia de agua producen ácidos corrosivos en mayor o menor grado (ejemplo: lluvias ácidas)

Mantenga un exceso de aire adecuado, una temperatura adecuada en la llama y que esta no penetre en los tubos (se enfría y se apaga), controle que la temperatura de chimenea no sea tan baja que pueda provocar la condensación que ataca el hierro de la chimenea e intercambiadores. NO OLVIDE QUE EN LEÑA Y GAS LA MALA COMBUSTION NO ES VISIBLE EN LOS HUMOS.

El AGUA

¿Porqué el agua se utiliza con ventajas en las calderas de vapor?

Hay varias razones por la que se utiliza el agua (a pesar de los problemas de incrustación y corrosión que provoca).

Las razones fundamentales son:

1-Es súper abundante .

2-El agua se puede utilizar en sus 3 estados : sólido (hielo), líquido (agua) y vapor (gas). Y estos estados tienen propiedades muy útiles y ocurren dentro de las temperaturas que el hombre maneja.

3-Está líquida dentro de la temperatura ambiente y por encima de los 100ºC sigue líquida si la presión se eleva junto con la temperatura (relación temperatura-presión en la zona de saturación). **Esto permite bombearla para su traslado en una cañería** (la forma más sencilla de trasladar un elemento).

4-El calor específico (calorías que puede almacenar por grado centígrado y por kg.) es **el más alto de los elementos líquidos bombeables,** con una densidad aceptable, lo que significa poder trasladar el calor de un punto a otro en forma fácil y en gran cantidad. De allí su uso en el enfriamiento de los motores de los automóviles, sistemas de enfriamiento, calefacción de edificios, etc.

5-Su uso en estado de vapor-líquido tiene la ventaja de **poder utilizar su calor latente de vaporización (calor latente cuyo valor por kg. es de un valor de 4 a 5 veces superior a calentar de 0ºC a 100ºC a 1 kg. de agua)** , lo que permite trasladar el calor y poder **transmitirlo a temperatura constante** en un equipo térmico.

6-Su descarga a la atmósfera **no es contaminante** (las nubes son vapor), lo que sus pérdidas no son problemas del medio ambiente.

¿Porqué el agua presenta inconvenientes en su utilización en las calderas?

El agua es un solvente universal (es decir que prácticamente en menor o mayor grado puede disolver las otras sustancias que componen la Tierra), las sustancias disueltas en el agua se comportan en el interior de la caldera, produciendo distintos trastornos (aunque hay algunas que nos protegen de la corrosión, ya que el agua pura es corrosiva):

1-Hay sales que se descomponen con el calor y producen barros o incrustaciones (aislan las superficies de transmisión del calor produciendo pérdidas de eficiencia o daños por recalentamiento del metal). Los barros son precipitados que no se adhieren tan firmemente a las paredes del metal, pero que producen problemas de circulación interna (o arrastres) o incrustaciones barrosas que provocan los mismos problemas que las incrustaciones . **Como la descomposición de estas sales se produce por el calor que recibe el agua al entrar en la caldera, lo cual ocurre inmediatamente al entrar , se llama : dureza temporaria** (casi inmediatamente al tomar contacto con el calor se precipitan dichas sales con desprendimiento de

anhídrido carbónico o sea CO_2)**.** A veces simplemente un agua dura sometida a presión con el simple hecho de descomprimirla (bajar la presión), se produce también dicha precipitación de las sales (las sales bicarbonatadas de calcio y magnesio-que forman la dureza temporaria- se descomponen, librando el CO_2).

2-Hay sales que precipitan porque el agua que entra a la caldera tiene sales que no son eliminadas más que por las purgas (ya que el vapor es agua pura con pequeñas cantidades de sales que son arrastradas), estas sales en el agua de caldera se van acumulando (salvo que se saquen en forma suficiente por las purgas), al acumularse llegan a un valor que ya el agua no las puede tener en disolución y entonces precipitan. **Esto se llama : dureza permanente porque no se produce su precipitación por el calor que reciben, sino por evaporación (concentración).** Aunque pueden variar su concentración máxima en el agua de acuerdo a la temperatura (algunas sales se disuelven más con agua caliente -la mayoría- y otras menos).

3- Hay sales que producen corrosión. También en estos casos debemos considerar la corrosiónes provocadas por los gases que trae el agua (cuanto más fría el agua más gases traerá, especialmente aire si está en contacto con la atmósfera). En este último caso el oxígeno en el agua es muy corrosivo (especialmente atacando en forma de "pitting" : picadura), capaz de perforar los tubos de la caldera en pocos meses, especialmente si la caldera está parada. Dentro de las sales, podemos decir que hay corrosiones por bajo PH (ácida), por alto PH (ataque cáustico, fragilidad cáustica, etc.), por concentración del ion cloruro,por sales que favorecen la formación y desarrollo de los pares galvánicos (generalmente alterando la conductividad del agua), etc.

Pero en la mayoría de las calderas las incrustaciones, barros, corrosiones y ataques de gases son controlables y se pueden evitar.

¿El agua desmineralizada es la mejor?

El agua desmineralizada (suponiendola pura, es decir,

H2O, cuya conductividad sea muy baja- mucho menos de 1 microSiemens de conductividad o sea con una resistividad mayor a 1 megaOhm) en las calderas se deben manejar con mucho cuidado, ya que la misma es de tendencia corrosiva.

La razón de que es de tendencia corrosiva es que las paredes de hierro de la caldera no tiene ningún elemento que impida que el hierro tienda a disolverse en la propia agua pura, con la temperatura este fenómeno se acrecienta, ya que el PH del agua tiende a bajar con la temperatura.

Para usar agua desmineralizada en una caldera se debe hacer un tratamiento anti-corrosivo, elevando su PH y controlando el oxígeno disuelto.

El otro problema que se presenta es el control del agua desmineralizada, éste se debe hacer cuidadosamente, ya que si solamente se controla su pureza por medio de la conductividad eléctrica, puede pasar que si el equipo de desmineralización es de intercambio iónico, haya pérdida de sílice (arena disuelta), ya que la sílice es lo primero que un equipo de intercambio deja pasar (por fallas o mala regeneración) y **la sílice no es detectada por la conductividad** (no es conductora en el agua), por lo que la caldera podría concentrar valores de sílice muy alto y ésta comenzaría a incrustar la caldera en forma muy peligrosa (la sílice es muy aislante y casi imposible de sacar una vez incrustada la caldera).

En esta situación, en **alta presión**, podrá haber arrastres de sílice que incrustará a las turbinas de vapor (ya que se trabaja con vapor sobrecalentado y el mismo al entrar en una zona fría tiende a precipitar la sílice, que desbalanceará la turbina con riesgo vibraciones y falta de rendimiento, siendo muy dificil de limpiar).

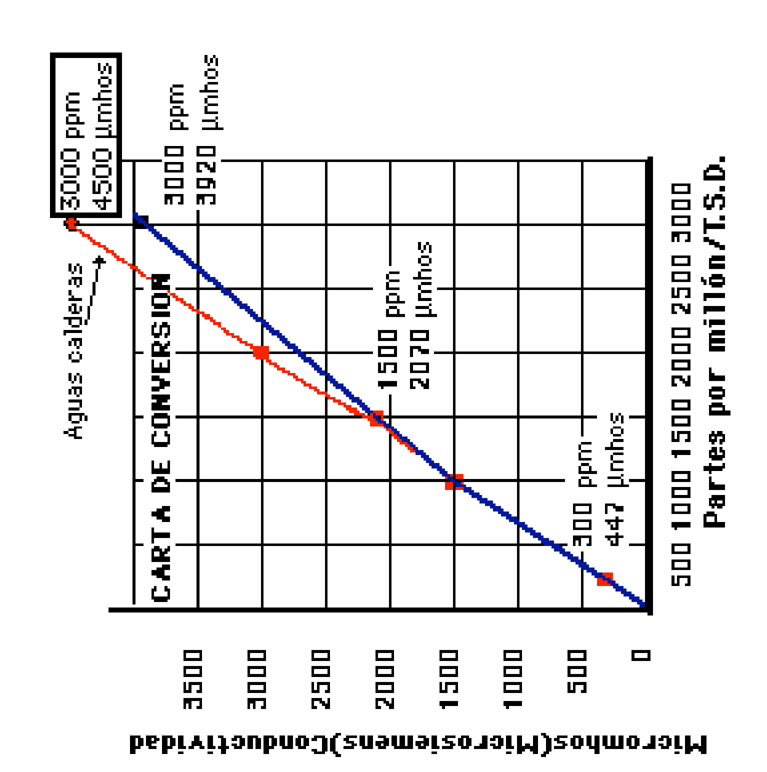


GRAFICO INDICANDO LA RELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD Y EL CONTENIDO TOTAL DE SALES DISUELTAS (T.S.D.). DE UN AGUA NATURAL PROMEDIO Y CURVA TEORICA ADECUADA PARA AGUA DE CALDERA EN BAJA PRESION Y TORRES DE ENFRIAMIENTO.

Una forma rápida de medir la cantidad de sales que contiene el agua es midiendo la conductividad (pasaje de corriente eléctrica). Se tomará un promedio, ya que todas las sales varian su conductividad en el agua de acuerdo a la forma que se ionizan.

¿Qué es mejor : el agua de pozo o el agua de superficie (generalmente OSE en la mayoría de las poblaciones)?

Como al agua antes de ser usada en las calderas, es conveniente extraer sus sales de **calcio y magnesio** o sea **la dureza** (las sales que incrustan o forman barros), el método más generalizado en las plantas pequeñas y medianas es la utilización de un intercambiador iónico ciclo sódico (ablandador de agua ó suavizador, antiguamente con zeolitas: una arena natural de una determinada región ; hoy son resinas sintéticas con mayor capacidad de intercambio). Esto significa que por cada litro de resina sintética con una capacidad de 55 gramos por m3. como carbonato de calcio de capacidad de intercambio debemos de gastar entre 150 gramos de sal a 200 gramos de sal, tendremos que si el agua de pozo es muy dura, gastaremos gran cantidad de sal en comparación con el agua de superficie, generalmente mucho más blanda que la del pozo.

Como el agua que debemos de purgar es proporcional a la cantidad de sales que tiene el agua a reponer y cuanto más agua se reponga más será dicha purga, esto significa tirar por las purgas agua ablandada, productos químicos del tratamiento y a veces mucha energía (combustible) ya que el agua de la purga es agua sobrecalentada (que a veces se puede utilizar su calor en un intercambiador y tirarla más fría). En este último caso, es evidente que el agua de los pozos tienen mayor salinidad en general que las aguas de superficie, lo que obligará a tirar por la purga gran cantidad de agua, productos químicos y energía.

Para saber que agua utilizar se debe hacer un balance, analizando ambas aguas y de acuerdo a los consumos de sal, productos químicos, energía tirada por las purgas, hacer una evaluación de costos para saber cual agua es la más conveniente.

Generalmente es más conveniente el agua de superficie (lagos, ríos , arroyos).

¿La mejor agua es la de lluvia?

Generalmente es de bajo contenido de sales (producto del lavado de la atmósfera y los techos), el **gran inconveniente que tiene es que es muy corrosiva** por la presencia de gases corrosivos : oxígeno atmosférico, lavados de humos de chimeneas (algunas con elementos tan corrosivos como el azufre de los combustibles, otros ácidos producto de la combustión o de procesos químicos o biológicos , ya que el agua de lluvia lava la atmósfera), etc.

Su uso puede ser bueno ya que hay poca necesidad de purgas, **pero su control químico debe ser muy estricto, regulando su PH y manteniendo la eliminación de oxígeno en forma permanente.**

¿ Las condiciones climáticas afectan al agua de las calderas?

Si!!!!!! y mucho. Cuando hay épocas de seca las aguas superficiales (y algunos pozos) tienden a aumentar su concentración salina, esto provoca el aumento de la dureza del agua (hay que regenerar más seguido los ablandadores), al aumentar la salinidad hay que aumentar más las purgas por lo que hay más aumento del tratamiento químico (éste podría sufrir alguna alteración). Hay mayor riesgo de un problema de fisura en la placa caliente y en los mandriles de los tubos (generalmente asociado a la mayor concentración de la sales de sodio).

En las épocas lluviosas, la salinidad baja, favorece la marcha del tratamiento, menor dureza, menor salinidad (baja la nesecidad de purgar).

¿Porqué el agua de alimentación es conveniente calentarla lo más que se pueda?

Son varios los beneficios de calentar el agua de

alimentación:

1-Al calentar al máximo, con el agua próximo a los 100ºC en los tanques abiertos a la atmósfera, se desprende prácticamente la mayor parte de los gases, siendo el oxígeno el más importante de eliminar, esto hará bajar la corrosión por oxígeno y la necesidad de utilizar grandes cantidades de secuestrantes de oxígeno de origen químico.

2-La caldera al alimentarse con agua caliente, sufrirá menos esfuerzos mecánicos por los choques térmicos (esto afecta mucho a los sistemas de alimentación que tienen cajas de alimentación en las cámaras de vapor, ya que por el choque de agua fría con el vapor, esto produce "golpes de implosión"- condensación expontanea de la mezcla de agua fría y vapor- que pueden aflojar la estructura de la caja y aún producir la rotura de los anclajes y peor aún: fisurar la soldadura de la cañería de alimentación a la envuelta).

3-El salto térmico entre el agua de alimentación y el agua sobrecalentada es menor, por lo que la caldera tiene una reacción más rápida frente a una demanda de vapor (el agua de alimentación caliente actúa como una "alcancía" de energía, permitiendo que la caldera se "agrande" frente a una demanda de vapor).

¿Porqué los tanques de alimentación duran tan poco tiempo cuando son de hierro?

En el tanque de alimentación se produce una mezcla de agua de retorno de condensado (generalmente sin oxígeno) y agua de reposición (con una carga de oxígeno muy importante), esta mezcla de agua hace que el oxígeno del agua de reposición frente al agua caliente del condensado de retorno, produzca una "aireación diferencial", cuyo resultado es una corrosión del metal.

Para evitar esto debemos en lo posible mantener el tanque a la máxima temperatura (100ºC) y lo más homogéneo posible, distribuyendo el condensado en un tubo de mezcla.

La introducción de productos químicos ayuda a evitar esta corrosión, pero como el tanque está abierto a la atmósfera en la mayoría de los casos, por lo que entra aire o sea oxígeno, la corrosión podrá limitarse, pero no eliminarse, salvo que el tanque sea construido en acero inoxidable.

¿Qué es lo más importante en el tratamiento del agua de la caldera ?

Es probable que todos los procedimientos jueguen un rol importante : ablandamiento del agua, desaireado, introducción de productos químicos, fijación de límites químicos operativos, purgas y procedimientos.

Pero , según lo he vivido, no hay nada más importante que el manejo de las purgas : ya que por los purgas se extraen los barros y lo que es muy importante, las sales, las cuales producen una serie de fenómenos que nos pueden llevar hasta la destrucción de la caldera.

¿Cuales son las contaminaciones que más afectan el funcionamiento interno de la caldera ?

Son varios los elementos que son contaminantes del agua de caldera, los mismos pueden venir en el agua de condensado de retorno o por las cañerías de vapor (al cerrar el vapor o apagar la caldera se produce vacío que "chupa" de los serpentines perforados o los calefactores o mezcladores de uso directo de vapor).

1-En frigoríficos y chacinerías , la grasa del material que se usa como materia prima produce graves trastornos : espumas, arrastres, hasta "priming" (un arrastre tan violento que prácticamente tiende a desalojar el agua de la caldera,

corriéndose el riesgo no solo de producir golpe de ariete, placas y tubos fisurados, sino que hasta el hogar puede ser aplastado por falta de refrigeración en calderas de alta densidad de fuego, como las de F.Oíl). Además produce corrosión.

2-En plantas lecheras, la presencia de arrastre de leche o condensado de los evaporadores de los secadores de leche, pequeñas trazas de elementos tensoactivos, producen alteraciones en el agua que producen : espumas, arrastres, disminución del PH o sea corrosión.

3-Las plantas químicas, las textiles, se contaminan con productos químicos ácidos (corrosivos) o alcalinos (como la soda) que producen espumas, arrastres, "priming", corrosión y fisura cáustica.

4-Las fábricas de azúcar, caramelos; se contaminan con azucares que en el interior de la caldera se transforman en ácidos que corroen a la caldera.

5-En las plantas que usan agua de pozo que tienen alta dureza, la acumulación de sodio (producto del ablandamiento que es el intercambio del calcio y magnesio por sodio), si no es controlado por las purgas o químicamente, produce : espumas, arrastres y el peligroso "priming". Corrosión generaliza y fragilidad cáustica.

6-Cuando en las plantas se utiliza el hipoclorito de sodio, el cloro es un peligroso contaminante, ya que es muy corrosivo. Bloquea las resinas de intercambio iónico (los ablandadores pierden rendimiento por ser la resina atacada: oxidada), el metal de la caldera es corroído en forma muy importante (se comporta como el oxígeno). Para eliminar este problema, conviene clorar a menos de 1 ppm para que no ataque a la resina y luego eliminar el cloro que se introduzca al sistema con el secuestrante de oxígeno. En algunos casos se deberá poner un dispositivo capaz de absorber el cloro (filtros de carbón activado).

7-Las plantas que potabilizan agua y no logran flocular adecuadamente el sulfato de alúmina en la planta de agua y termina floculando en los ablandadores y la caldera : bloquea a

los ablandadores y produce corrosión en la caldera.

¿Los tanques de alimentación presurizados corren algún peligro?

Sí !!!!!!!! Los tanques de alimentación con desareadores tienen una gran superficie debido a su tamaño, el continuo fluctuar de su trabajo térmico (mantener una temperatura y presión constante a pesar de las variaciones de la alimentación de agua), más el sometimiento a condiciones químicas no estabilizadas (ya que buena parte de las primeras reacciones químicas ocurren en su seno), hace que los mismos sufran un "stress" que provoca fisuras, por lo que es necesario hacer periódicas inspecciones de su estructura. Si bien la presión es baja, la superficie donde trabaja dicha presión es muy grande, lo cual puede llegar a provocar daños importantes en dichos tanques (hay riesgo de expansión !).

¿Porqué las calderas paradas son las más propensas a sufrir corrosión?

Al pararse una caldera y no tomar la precaución de inundarla de agua (con el agua en su interior todavía caliente a no más de 100ºC, antes que se contamine de oxígeno), el vapor en su interior se condensa y en la cámara de vapor se inunda de aire atmosférico (con todo el oxígeno que contiene: 21% en volumen o 23% en peso). Este oxígeno si bien oxida la cámara de vapor que está húmeda, la parte más peligrosa es su disolución en el agua, provocando picaduras por oxígeno ("pítting") y corrosión por aireación diferencial. Los tubos superiores serán los primeros en ser afectados, pero luego todos serán atacados, ya que el oxígeno disuelto en el agua es compensado con nuevo oxígeno que entra por donde entró el aire.

Es conveniente que la caldera parada no sólo esté inundada, sino que tenga suficiente secuestrante de oxígeno (a

base de sulfito, hidracina u otros), que tenga un tanque de compensación capaz de responder a las dilataciones y contracciones del agua por la temperatura de la sala que varía, de manera que descargue el agua si dilata y que la vuelva a tomar si contrae. Mantener un control químico del secuestrante y el PH en forma periódica mientras esté fuera de servicio.

¿Qué debo hacer con una caldera que se le ha sacado el agua y quedará varios días vacía?

En este caso es conveniente, si la caldera permanecerá abierta o vacía mas de 24 horas , vaciarla con el agua todavía bien caliente (más de 60ºC) hasta el final, abrir la entrada de hombre y alguna tapilla inferior, de manera de permitir que la caldera se seque lo antes posible con la propia temperatura y la corriente de aire, de manera que las superficies internas queden secas y no se produzca corrosión. También se puede usar algún medio auxiliar de calor, un pequeño quemador, resistencias eléctricas o un fuego con leña o tablas en el hogar (muy controlado y de baja capacidad). Es conveniente antes de vaciar proceder siempre a un manguereado para la extracción de barros.

¿Frente a un tubo o cristal de nivel visual que no se aprecia el nivel de agua, que debo hacer?

Hay dos posibilidades, la caldera **está inundada** (el nivel está lleno de agua, puede haber un golpe de ariete muy peligroso para la instalación y las personas) o puede que la caldera **se esté quedando sin agua** (el nivel desapareció por abajo, dejando el tubo lleno de vapor transparente, hay riesgo de “quemar” la caldera).

Frente a esta situación **lo mejor es apagar los fuegos, cerrar la válvula de vapor y la válvula de alimentación de agua e investigar el nivel por medio de los grifos de nivel manual** (ideal) **o la purga del nivel** (como un recurso dudoso)**.**

Abrir los grifos por orden (son 3) de manera de ver si en los 3 sale agua (caldera inundada) o si en los 3 sale vapor

(caldera quedándose sin agua) o de otra manera purgar el nivel visual, si no aparece el nivel de agua en el tubo, es probable que la caldera esté sin agua (pero no es seguro, ya que puede ser que esté tan alto el nivel, caldera inundada, que no se logre bajarlo hasta el tubo o el cristal donde se pueda observar la separación agua-vapor).

Si la caldera está inundada, purgar hasta que aparezca el nivel, haciendo purgas intermitentes. Luego prender los fuegos, ver porqué se produjo la falla (puede ser un flotador "pinchado" del control de nivel automático).

Si la caldera está quedándose sin agua, puede que el tapón fusible no haya fundido (si fundió en el momento de observar la falla mantenga la alimentación de agua), ver si ya el nivel de agua está por debajo del límite de seguridad (el agua ya dejó tubos expuestos en la cámara de vapor, vea si sale agua por la purga continua o la purga del nivel que está más abajo que la continua), no intente alimentar (puede deformar la caldera, se aflojan tubos, rajan placas o aún peor: puede provocar una explosión si el metal está a más de 1000ºC), espere a que la caldera enfríe, evalúe si hay daños, alimentar con la caldera una vez fría (si es necesario, hacer alguna prueba hidráulica), para luego poder prender los fuegos (investigue la falla de porqué se quedó sin agua). La pérdida de vapor por el tapón fusible generalmente es insuficiente para apagar los fuegos, pero es un buen indicador de la pérdida de nivel por bajo nivel.

¿Todas las sustancias químicas utilizadas en los tratamientos químicos de calderas son seguras para su manipulación?

No todas, en general todas producen distintos tipos de problemas si no se manipulan con criterio.

Ejemplos:

La soda (soda cáustica) y la **ceniza de soda** (carbonato de sodio) que se utilizan para controlar el PH, al ser disueltas con el agua son agresivas a la piel (queman químicamente) y especialmente la soda cáustica es muy peligrosa al ponerla en

contacto con el agua (calienta y puede salpicar, si se salpica lavarse inmediatamente con abundante agua, si entra en contacto con la vista disponer abundante agua e ir inmediatamente a un oculista; a veces es conveniente que el agua que nos lavamos tenga algo de acidez, ácidos compatibles con la piel : desde un simple limón, algo de vinagre, habiendo ácidos más apropiados pero que no se encuentran normalmente disponibles en la vida cotidiana, por supuesto que después hay que enjuagar con agua limpia abundante).

Los secuestrantes de oxígeno (sulfitos, hidracina, etc.) pueden entrar en reacción violenta con algunas sustancias químicas oxidantes.

La hidracina se debe tener como muy combustible si no está en proporción con agua (se utiliza como combustible para cohetes), pero su peligro mayor es que está considerada cancerígena (bajo ninguna circunstancia debe ser usada en contacto con la piel, también "quema". Su presencia en el vapor, en las fábricas en las que se utilice el vapor en contacto directo con el ser humano o alimentos, es prohibitivo.

Los fosfatos, especialmente el trisódico, se comporta como la soda, tiende a atacar la piel, los polifosfatos son menos agresivos, siendo todos tolerables.

Los ácidos usados en la limpieza química, normalmente el **ácido clorhídrico** (un gas disuelto en el agua), al ser usado con el agua caliente en la caldera, se desprende y es muy agresivo para las vías respiratorias. **Hay otros ácidos usados en limpiezas químicas (orgánicos e inorgánicos) su principal peligro es el riesgo de explosión por hidrógeno.** El ácido al atacar el metal de la caldera desprende hidrógeno, este hidrógeno frente a la presencia de oxígeno forma una mezcla explosiva y en determinadas condiciones si se produce una ignición por la presencia de una chispa o la presencia de alta temperatura puede "explotar", siendo una de las reacciones más violentas debido a la alta velocidad de la llama del hidrógeno. Situación bajo control por el técnico.

Los polímeros son elementos de dispersión para evitar la incrustación por distorsión cristalina (actúan impidiendo la formación de los cristales que forman las incrustaciones, distorsionando su crecimiento y en su lugar supuestamente se formará un cristal no incrustante, antiguamente se llegó a usar hasta el grafito con este motivo). El problema práctico del uso de los polímeros es no incrustar la caldera con polímeros, ya que su utilización en forma masiva queda como un "plástico" que forma una incrustación aislante, provocando los mismos problemas que las incrustaciones. Su uso en muy pequeñas cantidades y en aguas desionizadas o muy bien ablandadas previamente dá un cierto resultado. En alta presión, donde se trabaja con agua muy puras, ha dado resultados satisfactorios en pequeñas dosificaciones, dado su alta capacidad de soportar altas temperaturas, zona que los elementos orgánicos clásicos no son utilizados.

Su manipuleo se debe de tener en cuenta, ya que su ingestión puede provocar daños en el organismo dado su casi imposibilidad de ser digerido.

Hay elementos de origen natural utilizados hace más de 200 años en las calderas con bastante buen éxito, como ser : almidones, taninos, etc.. En general la mayoría de estos productos no hacen daño, salvo el tanino que puede provocar un problema si se ingiere (mancha terriblemente cualquier cosa !!!!).

Los vapores de las calderas pueden estar contaminados con los productos de la química utilizada en la caldera debido a los arrastes de agua, por lo que se debe ser muy cuidadoso de la utilización de productos químicos que no contaminen el ambiente o los productos en los que se utilizará el vapor.

Permanentemente hay nuevos productos ofrecidos en plaza, que todavía no han demostrado su desempeño o si son agresivos al medio ambiente, por lo que hay que ser cuidadoso de utilizar solamente productos suficientemente probadas en el tiempo.

¿Los sistemas magnéticos para tratamiento del agua son eficientes?

Sistemas ofrecidos en plaza, que vienen como las golondrinas, cada tanto, son elementos que aseguran que tratan el agua de calderas y que son de óptimo resultado : **¡ cuidado, puede ser muy peligroso usarlos ! Está en juego no sólo la integridad de la caldera, sino hasta la posibilidad de que se pueda provocar un accidente de tal magnitud que pueda destruir parte de la fábrica (provocado por la incrustación, los barros, que pueden bloquear los elementos de seguridad).**

Estos aparatos no actúan alterando la química del agua, ya que si la analizamos antes y después , los valores químicos del agua son los mismos. Puede haber algún aparato que produzca ondas de ultrasonido que actúen en forma mecánica : rompiendo las incrustaciones duras apenas formadas. Es casi imposible pensar que un agua que no ha sido alterada químicamente, pueda actuar de diferente manera, dejando de ser corrosiva y de incrustar la caldera .

Como en el tiempo ha habido muchas de estas ofertas con "tristes" resultados, aconsejo lo siguiente:

Con esta clase de "aparatos" es conveniente esperar que "haga la experiencia el vecino" y no tomar decisión hasta que uno personalmente pueda ver los resultados, ya que en su implementación se corren importantes riesgos personales y económicos.

¿Es posible utilizar el agua de las purgas en otras aplicaciones?

Con un tratamiento a base de fosfatos y sulfitos, el agua que "tiramos" por las purgas (la continua fundamentalmente), aunque saquemos la mayor parte de su calor (para calentar el agua de reposición u otros servicios), en algunos casos se puede reutilizar : como agua caliente para limpieza (pisos de zonas con elementos grasos, aceitosos u otros como restos de elaboración de raciones, cajas de camiones, etc.) Es un agua que si el

ablandador de agua funciona correctamente no habrá barros. A veces la misma purga continua conectada a una manguera de alta presión para vapor, con un puntero especial para agua caliente, pero siempre regulado desde la caldera (sin válvulas sobre el puntero para evitar que la manguera levante presión), se podrá usar directamente como si fuera una máquina de lavar debido a que tendremos en el puntero una salida de agua y vapor (los fosfatos y la soda libre, serán elementos que ayudan a la limpieza).

¡ No cerrar nunca desde el puntero, siempre desde la caldera !

¿Es mejor disponer los productos químicos para los tratamientos internos en forma continua o en "baches" ?

Los tratamientos químicos en forma de "baches" (es decir introduciéndolos una o dos veces por turno), tiene el inconveniente que habrá un momento con exceso de tratamiento (al poner los mismos, en ese momento existe exceso que puede provocar espumas y arrastes) y habrá un momento en que los productos serán mínimos (ya que se ha "consumido" en las reacciones químicas y fundamentalmente perdido por las purgas).

La alimentación continua (con bomba dosificadora) y especialmente si es proporcional a la producción de vapor (a la reposición del agua de alimentación), es la mejor forma de aprovechar el efecto de los productos químicos, ya que se irán "encontrando" las partes de agua no tratadas con sus productos químicos necesarios (la pérdida por la purga de los mismos es mínima).

¿Porqué se deben fijar límites químicos y físicos al tratamiento químico del agua en el interior de la caldera?

Los límites químicos (PH, alcalinidad total y alcalinidad hidróxidos) así como los físicos (T.S.D.-total de sales disueltas-total de elementos en suspensión, etc), afectan en gran forma el resultado de la marcha de la caldera, creando importantes riesgos (espumas, arrastres, "priming", corrosiones, fisuras ,

fragilidades).

Por ejemplo : a- en calderas de baja presión es deseable la presencia de soda libre (alcalinidad hidróxido) cuando el tratamiento es a base de fosfatos, pero su exceso eleva el PH, creando condiciones de inestabilidad en el agua, forma espumas, provoca arrastres y problemas de refrigeración en partes internas de la caldera (provoca fisuras de placa y fisuras de tubos en sus soldaduras a las placas, pudiendo a marchas elevadas provocar un "priming" y hasta la destrucción del hogar).

b- Un exceso de salinidad (T.S.D.) y si hay sólidos en suspensión con más facilidad, las espumas y los arrastres estarán prácticamente a cualquier capacidad de marcha, aumentando con el aumento de la producción.

c-La sílice debe ser limitada, ya que su presencia puede provocar una incrustación de muy difícil extracción y muy aislante.

¿Los límites químicos están afectados por presión y tipo de caldera?

¡¡¡¡¡ Sí !!!!!!

En calderas de alta presión y media presión, el problema de los límites es muy importante (ya que no afectan solamente a la caldera, sino que a la calidad del vapor, que generalmente es utilizado en turbinas), estos límites estarán fijados por la presión (y tratamiento químico), así como el tipo de caldera y uso para el vapor.

A más alta presión los límites serán fijados más bajos en general y el tipo de caldera estará afectando de acuerdo a la circulación interna de la misma (tubos de agua o tubos de humo, circulación forzada o natural, etc.) y accesorios (como sobrecalentador de vapor). Del uso del vapor dependerán algunos límites, las turbinas deberán evitar la presencia de sales en el vapor (en vapor de calefacción es más tolerante), especialmente la presencia de sílice (que tiende a "evaporarse" a más alta presión y tiende a ser transportado con el vapor y depositarse en las zonas más frías, como ser en los álabes de las turbinas, quitándole

eficiencia a las mismas y hay un riesgo de desequilibrio, siendo muy difícil su extracción una vez solidificadas).

Los arrastres de soda libre (alcalinidad hidróxidos) pueden ser muy corrosivos para las turbinas. Esto puede hacer atacar tanto los álabes como el eje con su superficie de sellado (zona de laberintos, carbones de sello, etc.).

¿Se puede tolerar que una caldera pueda funcionar sin tratamiento químico del agua ?

No!!!!!!!!!!! Tarde o temprano habrá algún serio inconveniente con esta caldera.

Por ejemplo podrá haber:

1-Corrosión.

2-Si tiene control de nivel automático, el riesgo de que dejen de funcionar y provoquen un accidente por bajo nivel de agua (bloqueo por barros de los controles).

3-Incrustación con pérdida de rendimiento, pero lo mas riesgoso es el recalentamiento de tubos y hogar, provocando su fallo.

4-Bloqueo de la circulación interna, por barros incrustantes, provocando un recalentamiento local con problemas en tubos y hogar.

Si Ud. opera una caldera en estas condiciones, insista para que se haga un tratamiento químico, ya que tarde o temprano (dependerá del tipo de agua) habrá un incidente o accidente (a veces muy serio). Mientras tanto mantenga la caldera bien purgada y cada 3 meses abra los controles de nivel y límpielos internamente.

¿Porqué las calderas nuevas deben ser sometidas a un hervido de puesta en marcha?

Una caldera nueva o con tubos nuevos, tiene las superficies de los mismos con restos de grasas, aceites, elementos de conservación y fabricación, óxidos, etc.. Si ponemos en marcha una caldera en estas condiciones, el agua o el vapor pueden presentar inconvenientes (en la pureza del vapor y en el

comportamiento de la circulación interna), pero el principal problema está en el comportamiento futuro de las superficies metálicas respecto a la formación de zonas que son corroídas por una diferencia electrolítica entre el mismo material. Es decir que hay zonas que corroen a otras, formando una "pila eléctrica" (zonas anódicas y zonas catódicas). Esto se asemeja al problema de los pares galvánicos (pilas formadas por distintos materiales en un medio acuoso).

Cuando hacemos el hervido no solo estamos desengrasando una caldera, también la estamos "pasivando", haciendo que el material tenga un comportamiento adecuado para evitar la corrosión (siempre y cuando se haga luego un tratamiento químico adecuado).

Por ello en los hervidos se utilizan materiales desengrasantes y pasivantes, llevando la operación varias horas con presión reducida de la caldera, pasando luego a un riguroso manguereado para sacar los depósitos de barros.

¿Cuales son los límites químicos que se deben indicar en un tratamiento químico clásico?

1-T.S.D. (Total de Sales Disueltas). Este análisis indica la cantidad de sales que están disueltas en el agua de caldera y la fijación de su máximo admisible evita (junto con otros límites) la posibilidad de arrastres, espumas y "priming" (arrastre espontáneo). Se mide en ppm (partes por millón ó mg/l miligramos por litro, expresiones casi similares numéricamente en la práctica), estas medidas salen de la relación que medimos entre las sales contenidas y el peso o volumen del agua. Podemos medirla de otra manera, como una relación con la conductividad del agua por sus sales, en unidades como μS (micro-Siemens) o transformarla en ppm (partes por millón, ya que en el agua de caldera se puede establecer aproximadamente que 4.500 μS equivalen a 3.000 ppm o aprox. a 3.000 mg/l. Como vemos, ppm y mg/l se aproximan sus valores, pero no son iguales debido a que las ppm están referidas al peso y los mg/l referidos a un volumen.

a-Se puede medir por evaporación (tiene en cuenta casi

todas las sales disueltas, salvo que se descompongan al secar), es muy trabajoso y poco práctico, ya que lleva mucho tiempo y trabajo.

b-Por medio de un salinómetro de pesada (por el peso específico del agua con un medidor por flotación similar a los densímetros de baterías, pero al que también hay que corregir por la temperatura, el agua más caliente es menos densa). Lo malo de este sistema es la imprecisión, ya que la variación del peso específico es muy pequeño, lo afecta mucho la temperatura (y también el problema que los sólidos en suspensión tienden a contrarrestar la lectura, falseando la medición, ya que a más sólidos en suspensión, menor valor dará, pero es cuando más afecta la consideración de los sólidos en suspensión el comportamiento del agua (es decir : la suma del T.S.D. + sólidos en suspensión son un límite máximo importante).

c- Por medio de la conductividad eléctrica (conductivímetros). El agua cuanto más sales tiene más conduce la electricidad (debido a la carga de iones al disociarse las sales) y también cuanto más caliente, más conduce debido a la disociación del agua y las sales con la temperatura (esto obliga a corregir a una temperatura estándar). Lo bueno de este sistema, si bien es impreciso (ya que las sales varían en su capacidad de disociación, que la sílice no se mide por que no se disocia, etc.) es que en realidad lo que medimos es la conductividad del agua, la medida que más afecta el comportamiento del agua de caldera (el agua, si está pura, es casi aislante), y cualquiera sea la carga de sales, esta conductividad dependerá más de la clase de sales. **Pero, como dijimos, es más por la conductividad que responde el comportamiento del agua (la tensoactividad)**, de tal forma que un aumento de conductividad por la presencia de sales como el sodio libre (hidróxido) , produce más riesgos de arrastres, espumas,etc., pudiendose limitar el riesgo aunque el total de sales en peso sea el admisible, pero con la calidad de sales se llegue a una zona de riesgo.

Esto significa que si el instrumento indica en ppm (partes por millón), al ser por conductividad la medida, estará

protegiendonos de aquellas sales muy tensoactivas que pudieran producir arrastres (como el elevado PH).

2-El PH (es un valor numérico que va entre 0 y 14, el valor medio indica el equibrio entre los extremos y se llama valor neutro o PH 7, pero para que se pueda medir el PH siempre debe haber agua que disuelva un producto químico capaz de disociarse, así tendremos los extremos, siendo el 0 el valor de los ácidos fuertes disueltos en el agua, como el ácido clorhídrico, el sulfúrico, etc., aumentando el valor a medida que el ácido es más débil o menos concentrado, luego para pasar a ser mayor que 7, las sales son alcalinas, siendo la soda cáustica con cierta concentración el PH14, con elementos menos alcalinos o básicos, o menos concentrados o como el amoníaco, etc. los PH serán más bajos). Las calderas deberán tener un PH por lo general entre 10,5 y 11,5, siendo esta franja la menor corrosión del metal de la caldera, si es menor a 10,5 por lo general aparece corrosión o algunos tratamientos químicos pasan a ser incrustantes, y si pasa de 11,5 por lo general aparece corrosión cáustica, se disuelva la capa protectora de óxido magnético que protegen los tubos, puede haber espumas o arrastres, más grave aún es el ataque del hierro por fisuras o agrietamientos intergranulares. **Para medir el PH se pueden usar métodos eléctricos , o químicos por cambio color en sustancias** (como los indicadores de PH en papeles impregnados con sustancias químicas, siendo este método muy práctica para el control de las calderas de baja presión, su precisión es suficiente). **Es muy importante este control de PH para evitar riesgos de accidentes, generalmente cuando el PH es más de PH12, se debe aumentar la purga continua para bajar las sales que provocan el PH** (por lo general el PH alto es una falta de purga o contaminación, pero también el PH bajo puede ser contaminación o que entra agua dura a la caldera).

3-Alcalinidades. Las alcalinidades (alcalinidad a la fenolftaleína, alcalinidad total, alcalinidad hidróxidos) en el agua de caldera son las sales que nos dan el control del **PH** en el agua de caldera. Las sales responsables de la alcalinidad en el agua de

caldera en un tratamiento clásico a base de fosfatos son los mismos fosfatos y la soda libre o alcalinidad hidróxido). Estas alcalinidades se miden generalmente por medio de un indicador (fenolftaleína que cambia de color en PH 8,3 aproximadamente, el de la alcalinidad total es el Anaranjado de metilo o Heliantina, que cambia de color aprox. a PH 4,3). Para medir usamos un ácido a una determinada concentración en solución de agua destilada y una muestra con una cantidad de agua definida para que se pueda calcular el valor de la concentración medida, que se mide por lo general tomando un referente como el carbonato de calcio, o sea el mármol, cuyo peso molecular es 100 y es un número muy conveniente para usar. La alcalinidad hidróxido es la soda que está libre o sea que está unida a un elemento de la propia agua y no a un radical de un ácido, como el fosfórico, se calcula a partir de la relación de las alcalinidades anterior (la alcalinidad a la Fenolfateleína por 2 menos la alcalinidad total dé la alcalinidad hidróxido o soda libre). **Casi todo tratamiento a base de fosfatos y en la que pueda entrar agua dura en algún momento, se debe tener algo de soda libre. En calderas de media-alta y alta presión, no se debe tener soda libre y bajo ninguna circunstancia debe entrar agua dura.**

LA ELECTRICIDAD

¿Los térmicos de los contactores (arrancadores) de los motores : qué protegen?

Protegen al motor eléctrico por una sobrecarga mecánica o falla eléctrica como ser por la marcha en 2 fases (en trifásicos la falta de corriente en un cable), de manera que el motor eléctrico no se "queme". De esta manera es que los térmicos deben ser ajustados al valor máximo de corriente del motor (en los arranques estrella-triángulo se debe tener en cuenta la forma en que están conectados).

¡No intente "levantar" o "trancar" el térmico para que funcione la bomba de alimentación o ventilador , logrará quemar el motor!

¿Para qué sirven los fusibles o las llaves térmico-magnéticas si ya tenemos en el arranque del motor un térmico?

Los fusibles o las llaves térmico-magnéticas cumplen una función diferente al térmico que protege al bobinado del motor, es proteger a la instalación por una sobrecarga importante y deben actuar inmediatamente al constatar ésta, para evitar que se "queme" la instalación por sobre-corriente. Por ejemplo: si hay un cortocircuito o una puesta a tierra con una descarga de corriente importante, los fusibles deben fundir a un determinado valor (el valor depende del tipo de fusible, si es "lento" :hay un retardo en responder a la sobrecarga, generalmente se usan en el arrancador de un motor con mucha inercia; fusible "rápido" ,protege inmediatamente la instalación al detectar la sobrecarga).

En el caso de las llaves térmico-magnética tienden a tener un comportamiento similar: si la corriente es muy grande la detectan por medio del campo magnético generado por la corriente y hacen saltar la llave inmediatamente, pero si la sobrecarga no es muy grande pero se establece en el tiempo, la

parte térmica actúa haciendo saltar la llave. Por eso estas "llaves" (interruptores), cuando "saltan" se deben dejar enfriar para que los térmicos vayan a posición y permitan enganchar nuevamente la llave.

¿Porqué las "tierras" en los circuitos de caldera son peligrosas?

En los circuitos de control de calderas, los controles de nivel deben ser capaces de apagar el quemador si detectan bajo nivel, los presóstatos deben apagar el quemador si la presión llegó a su valor más alto admisible, la fotocélula debe controlar si hay o falta llama para evitar la explosión de hogar, etc.. Si se produce una tierra (un cable hace contacto con la "masa" de metal del tablero o la caldera) es posible que otra fase (cable) de alimentación esté a tierra en alguna parte de la instalación de la fábrica (o sea cualquier parte desde la salida del transformador de alta/baja, en Uruguay 220 voltios o 380 voltios con neutro a tierra), esta situación hará que dandose determinadas circunstancias, a que haya una "realimentación" por tierra (o corto-circuito) que actúe no permitiendo que el elemento de control pueda accionar (por ejemplo: el control de nivel quede simulando que hay nivel de agua y no apague el quemador, siguiendo la caldera prendida sin agua), la única salvación será que funda el tapón fusible y avise la situación (generalmente no llega a apagar el fuego). La caldera no corte por alta presión y la única salvación será que salten las válvulas de seguridad.

¿Como evitar que las "tierras" y "realimentaciones" puedan provocar un accidente?

La forma de disminuir que los circuitos que queden a tierra puedan anular la protección de la caldera al ponerse a tierra o al provocarse una realimentación (un corto-circuito) es alimentando los controles por medio de un transformador de 220 voltios a 220 voltios (no un auto-transformador), de esta manera aislamos las "tierras" externas de la caldera respecto a las tierras

de la caldera, además poniendo un corte de bajo nivel y un presóstato en cada fase de corriente (de manera que el circuito siempre corte). La otra manera es poner el transformador y dejar una fase siempre a tierra, poniendo todos los elementos de control en la fase viva con un sistema de fusibles adecuados, de manera que al producirse la tierra en una buena parte de los circuitos, inmediatamente se produce el corte de los controles (pero siempre habrá una parte que corre riesgo de ponerse a tierra y simular la normalidad).

¿Pueden los circuitos eléctricos intervenir en la corrosión del metal de la caldera?

Tanto las pérdidas de corriente a tierra, como las corrientes “inducidas” por los campos magnéticos formados por la corriente eléctrica (motores, bobinas y cables), producen corrientes directas o indirectas (parásitas), que provocan corrosiones del tipo galvánico (transportan el material de hierro por medio de los iones formados en el seno del agua, haciendo que se disuelva el metal de hierro, lo que significa una corrosión).

Es importante poner a tierra todos los motores eléctricos y todas las partes metálicas de la caldera a una buena tierra de la instalación (previendo el “grosor” y un buen “contacto” de dicha tierra).

¿Las solenoides de las válvulas de control de combustible y gas : calientan y se queman?

Generalmente esta falla se debe a que circula mucha corriente en la bobina o solenoide, esto se debe a que la corriente está limitada (siempre que no haya un corto-circuito interno o una tierra) a que el núcleo de la solenoide no va al lugar o que la “capucha” de hierro no está bien colocada (o alguien la sacó), ya que estos elementos son parte del circuito magnético de la solenoide y ésta los necesita para limitar su corriente interna.

Verifique que esté puesta la “capucha” de metal, o desarmando la solenoide, ver que el núcleo interno puede correr

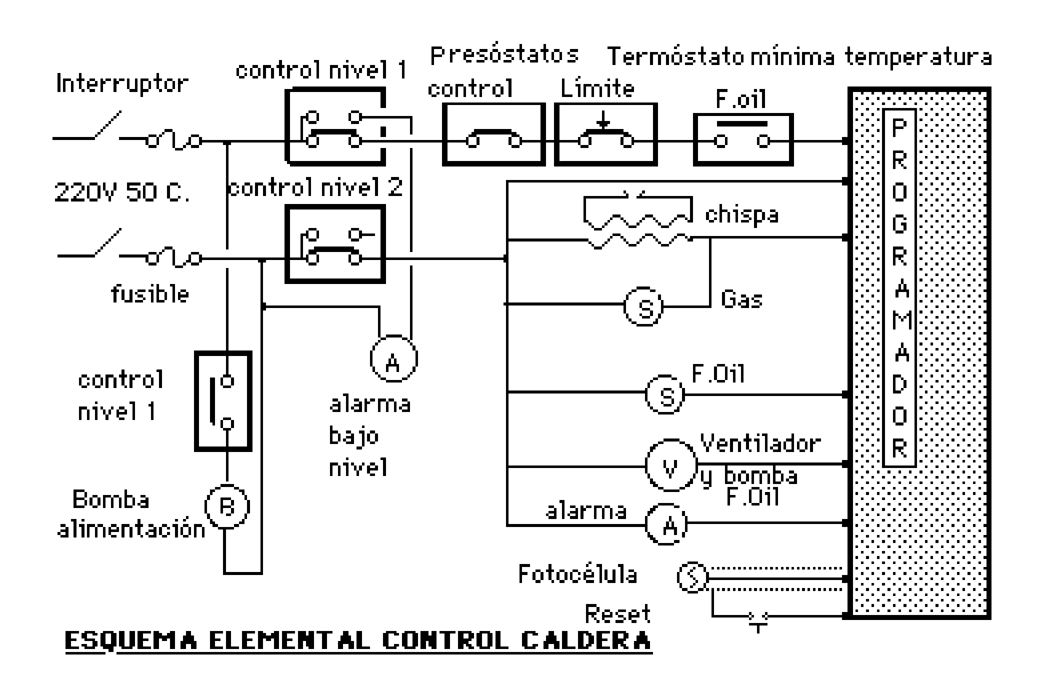
cuando la solenoide tira y va al lugar.

También puede ser que ésta última falla provoque vibraciones que delatan la situación.

¿Como puedo probar un programador?

El programador es quien gobierna todos los pasos que da la caldera para "arrancar" : 1-prende el ventilador al recibir la orden del presóstato, 2- hace el barrido en un tiempo determinado, 3-encendido de llama piloto (si la célula foto-eléctrica no detecta llama (o luminosidad en refractarios) en el hogar (enciende el chispero y la válvula de solenoide del gas), 4-da combustible (actúa sobre la solenoide del combustible, si no prende en determinado tiempo corta a la misma, en algunos casos debe la célula foto-eléctrica detectar el piloto encendido para dar combustible), 5-si no hubo encendido de llama principal (lo debe detectar la célula foto-eléctrica), hace un segundo ciclo o va directamente a bloqueo y alarma, etc.

Todas estas operaciones las puede chequear con el programador en un banco de pruebas en que las "cargas" se simulan con lámparas comunes y se observan las secuencias en que actúa el programador (lo que se necesita es un circuito o diagrama de conexión para poder conectar las entradas de corriente y las salidas a las lámparas que simularán las cargas).



ESQUEMA ELEMENTAL CONTROL CALDERA

Sustituya el transformador y la válvula de solenoide por una lámpara de 220 voltios, la solenoide de F.Oíl, el ventilador y la bomba de F.Oíl por una lámpara, la alarma por una lámpara, conectar la alimentación según corresponda (con un fusible o una llave termo-magnética de bajo amperaje por si hay un corto circuito y además para prender y apagar (como si fueran los presóstatos y los controles de nivel maniobrando), dé corriente : 1- La foto-célula si detecta luz no dejará seguir la secuencia, 2- tape la foto-célula y empiece a controlar las secuencias, 3- cuando prenda la lámpara que simula la válvula de F.Oíl, deberá descubrir la foto-célula para que detecte llama y siga prendida, 4-tape la foto-célula para simular una falta de llama, deberá apagar el quemador e ir a un reciclo o alarma, etc. , pruebe todas las opciones que le dé el programador.

¿La foto-célula puede ser causa de fallas?

Sí!!!!! Es la principal causa de falla, ya que debe

mantenerse limpia para que detecte la luz de llama, es muy fácil que se ensucie con hollín que se produce en el momento del encendido o por problemas de una instalación inadecuada (su posición no adecuada para "ver" la llama y hace fallar el encendido). La prueba de la foto-célula se hace fácilmente, sacando la fotocélula con el quemador encendido y se procede a tapar la misma de la luz de la sala : el quemador se deberá apagar.

Recordar que en el caso de los quemadores de gas, además de la foto-célula deberá haber una "varilla de ionización" ya que el gas es difícil de detectar por el tipo de llama con falta de luz visible (el gas produce una llama poco visible, solo visible en el rango del ultravioleta y no en el del infrarrojo como las llamas de los combustibles líquidos).

¿Cuál es el momento crítico del quemador?

Este momento crítico involucra al "programador" y sus elementos asociados.

El momento del encendido : el "barrido" de gases residuales y luego los momentos de encendido de la llama piloto con gas, así como la entrada de la llama principal (o más comprometido cuando la llama principal entra en combustión en forma directa con un chispero eléctrico).

El barrido debe ser lo suficientemente fuerte y con un tiempo adecuado, de manera de "barrer" gases o combustibles derramados en el hogar que se vaporizan.

Si la llama piloto tiene problema al establecerse y la foto-célula habilita al programador para seguir el proceso, se corre el riesgo de una "explosión" de hogar, ya que se puede formar una mezcla de gas y aire de carácter explosivo. Para evitar ésto la llama piloto debe ser alimentada con gas suficiente (presión y volumen) y sus elementos de mezcla del gas con el aire debe ser confiable.

Luego vendrá el establecimiento de la llama principal (que podrá ser de un combustible líquido o gas), la cual deberá

ser de volumen adecuado para que quede establecida y no se "sople" o aleje del quemador con riesgo de apagarse.

En el caso de arranque directo con el chispero, este deberá ser una potencia eléctrica acorde al tipo de combustible (en voltaje y corriente, o sea en potencia). Y su ajuste mecánico es esencial (distancia entre electrodos, distancia relativa a cono de atomización, sistema de aislación, etc.)

Una llama muy grande en el inicio puede provocar una inestabilidad que el mismo encendido tienda "apagar" la misma llama en el momento de establecerse (de allí la necesidad de partir de cierta potencia de quemador y del tipo de combustible, se hace necesario una llama piloto para mantener la ignición en el momento transitorio del comienzo de la combustión). Una llama muy pequeña también será fácil de "soplar" y por lo tanto apagarse.

¿Es importante el diseño y confección del tablero de control del quemador?

Sí!!! Es evidente que el diseño y la prolijidad (y calidad de materiales) son fundamentales.

Un circuito eléctrico de un quemador automático es el responsable de evitar cualquier falla que se presente, ya que el mismo debe preveer desde el corte del quemador por bajo nivel, el corte de la combustión por falla de llama (la fotocélula no ve llama residual en el arranque o ve llama en el momento que la llama se apagó y deja inundar el hogar con combustible), el corte del combustible en caso de que salten los térmicos del motor del ventilador (o que no se detecte presión de aire en quemadores de cierta importancia, ya que eventualmente podría desacoplarse el ventilador del motor eléctrico y no haber aire para mantener la combustión), de cortar el quemador si se establece una sobre-presión de vapor (cuando hay un segundo presóstato de vigilancia con rearme manual), de cortar el quemador si el combustible baja la temperatura (en el caso de los F.Oíl) de

manera de no atomizar un combustible inadecuadamente (gran humareda) pero también de cortar si la temperatura sube en exceso por falla del termóstato eléctrico de control de la resistencia calefactoras, de cortar el combustible en caso de falla de las bombas auxiliares de combustible (en anillos de baja de combustibles líquidos, o en la baja y alta presión en suministros de gas en caso que sea éste el combustible), dé la alarma por alta temperatura del vapor (en el caso de sobrecalentadores), alarma de caldera parada por fallas por bajo nivel, falla de llama, baja presión, bloqueo del quemador, etc.

Dado las tantas operaciones previstas, se hace necesario que los materiales no fallen ni por su complejidad ni por su calidad.

A esto último debemos sumar la calidad del mantenimiento: limpieza periódica (polvo, cucarachas, cables calcinados, erradicar humedad, evitar vibraciones, etc) y además a las pruebas periódicas o simulación de fallas en forma controladas para observar en forma segura que el quemador funciona correctamente.

La prueba más común que sometemos al sistema eléctrico es en la purga de los controles de nivel con el quemador en marcha, observando si corta cuando se produce la purga y se establece la señal auditiva o luminosa de la condición. **Esta prueba debe hacerse todos los turnos, ya que si la falla ocurre podrá ser la falla más grave y con más probabilidad de ocurrir.** (por falla de los controles de nivel : boya “colgada” por barros, electrodos en corto-circuito, cañerías tapadas, corto-circuito de los cables, puesta a tierra de los cables, etc.)

¿Cuando falla el presóstato controla la máxima presión y el quemador no corta, que pasa?

La única salvación son la válvulas de seguridad, ya que si la presión sube a valores por encima de la presión de diseño a partir de ese momento no sabemos por donde se producirá el alivio de la misma o la explosión de la caldera. Por esta razón las válvulas de seguridad son fundamentales y casi es inconcebible fiarse de una sola válvula (hoy prácticamente hasta las caldera más pequeñas tienen por lo menos 2 válvulas de seguridad). **Una opción anterior a la apertura de las válvulas de seguridad es la instalación de un presóstato de máxima o límite** (con rearme manual en caso de que actúe de manera de indicar que a llegado la presión a dicho valor por falla del presóstato de comando).

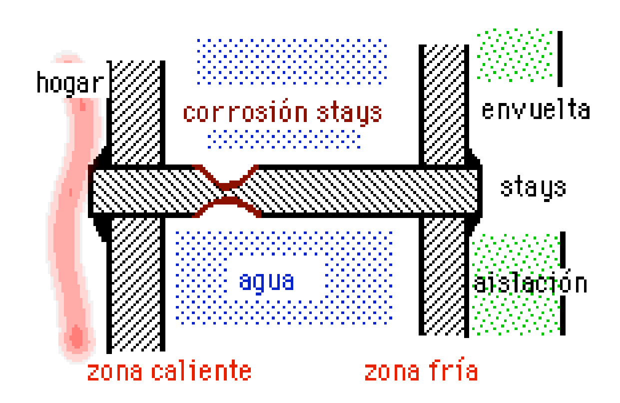
Antiguamente se pretendía que los tapones fusibles también pudieran fundir al llegar a dichas altas presiones (ya que la temperatura sube según la relación de presión-temperatura de vapor saturado en el agua), pero como dicha variación de temperatura no es muy acentuada, los elementos fusibles no eran seguros que fundieran a las temperaturas previstas por corrimiento en el tiempo de las temperaturas de fusión de las aleaciones (debido a alteraciones provocadas por la permanencia a la temperatura, contaminaciones, etc.).

De hecho, hoy la seguridad pasa por un presóstato límite con rearme, mínimo 2 válvulas de seguridad con capacidad de evacuar cada una el máximo vapor capaz de producir la caldera, además hay que prever la posibilidad de un corto-circuito o retroalimentación por tierra que simule la orden de marcha del presóstato (poniendo un transformador de aislamiento, un polo a tierra de los circuitos, etc.).

LA CORROSION EN CALDERAS

La corrosión es un mal en las calderas que no debe permitirse, ya que una caldera incrustada puede ser recuperada, pero una caldera con corrosión es una caldera "perdida" (o casi perdida).

Entendemos por corrosión el ataque sin o con pérdida de material de hierro de la caldera, que se manifiesta en forma local o generalizada, o como una fisura (intergranular o cristalina, donde no hay pérdida de material). Hay casos en que la pérdida de material es superficial y tan pareja, que ha simple vista no se nota hasta que se produce una falla, o si se lleva un control periódico de espesores y se nota la falta de los mismos (caso muy posible con aguas de pozos ablandadas con muy alta alcalinidad).



Corrosión de "stays" (calderas de agua caliente)

¿Cuáles son las corrosiones más comunes en las calderas?

A grandes rasgos las podemos dividir en 2 zonas : **a- la correspondiente al agua-vapor, b- la zona en contacto con**

los gases de combustión.

a- Corrosión zona agua-vapor

Esta zona está sometida a una serie de corrosiones que se interactuan unas a otras, acelerando así su gravedad :

1-La presencia de oxígeno (sea como efecto directo o indirecto, como oxígeno diferencial o sea zona cargadas con más oxígeno establecen una corrosión en zonas menos cargadas). Pero, siendo el "pitting"-picadura- una de las corrosiones más comunes en calderas paradas.

2-Zonas de bajo PH (la corrosión podrá ser directa o indirecta, es decir favoreciendo las condiciones de corrosión) y de **alto PH** (disolviendo el óxido magnético que normalmente se estimula para proteger la superficie del metal de hierro).

3-Zonas de diferenciales de temperatura (como ser la placa y los tubos, efecto que se encuentra en la corrosión llamada "anular" sobre los tubos en la entrada de gases más caliente, o sea la entrada al segundo pase en calderas humo-tubulares).

4-Zonas de esfuerzos sobre el material (como ser: apoyo mal distribuido o no distribuído de las "patas" soportes de la caldera).

5-La presencia de sales corrosivas (como ser la del ion cloruro en forma excesiva).

6-La presencia de soda libre en zonas de alta vaporización (y temperatura), este efecto se nota en caldera de media y alta presión al no establecer un programa de tratamiento "congruente" (es decir: con un PH controlado cuando se utilizan fosfatos, de manera que los ortofosfatos no lleguen a establecer la presencia del ion sodio en dichas zonas).

7-La presencia de elementos orgánicos (contaminación) que bajo las condiciones de temperatura se desdoblan en sustancias corrosivas (que atacan directamente al material de hierro) o que provocan condiciones adversas en las superficies de transferencias (generalmente depósitos transitorios que no permiten la refrigeración del metal, llegando este a valores de temperatura en que se provoca su corrosión, esto ocurre muy

a menudo en los sobrecalentadores por el arrastre de dichas sustancias al mismo).

8-La presencia de pares galvánicos (la formación de pilas eléctricas, en las cuales generalmente es el hierro que tiende a disolverse, ya que generalmente es menos noble que el cobre, bronce, acero inoxidable, fundición, aún los pares formados por el metal de hierro de la caldera sometido a distintas condiciones fisicoquímicas, etc.)

9-La presencia de hidrógeno en el seno del metal (como resultado de limpiezas químicas mal hechas y de soldaduras que han dejado "incluido" el hidrógeno en el metal), este hidrógeno es capaz de reaccionar con el carbono y formar un gas que puede producir una presión interna de tal valor que puede "fisurar" al material provocando su fallo. Esta falla es problema en caldera de alta presión. Esto , también, se puede provocar la soldar.

10-En calderas de alta presión y temperatura, hay un falla provocada por el "stress" o "fatiga del material" (hay como un "relajamiento" del metal debido a las extremas condiciones en que trabaja, el material se va como "estirando" hasta fisurar). Esta falla ocurre especialmente en la zona de los sobrecalentadores de las grandes calderas de las centrales térmicas que deben ser controlados periódicamente.

b- Corrosión en zona de contacto con los gases de combustión.

Esta zona está generalmente comprometida por la combustión (condiciones en que se realiza), el tipo de combustible (la presencia de elementos corrosivos como el azufre) y las condiciones del medio (temperaturas, penetraciones externas de aire frío y humedad, etc.)

1-Las zonas más comprometidas con la corrosión son las zonas frías, en donde los gases corrosivos pueden condensar junto el agua, formando un medio ácido capaz de atacar el material de hierro. Estas zonas son las chimeneas, los recuperadores de calor (sean economizadores o calentadores de

aire, etc.)

Las calderas paradas que queman F.Oíl están sometidas a un intenso proceso de corrosión sino se toman medidas al respecto, ya que la ceniza acumulada y los refractarios están contaminados con el azufre y sus ácidos, por lo que estas calderas deben "lavarse" con agua alcalinizada y mantenidas secas (con una temperatura por encima de la de "rocío" de dichas condiciones).

2-Las zonas muy calientes en donde el propio metal entra en combustión lenta (o rápida) bajo la presencia de oxígeno (del aire o de la descomposición del vapor de agua de los gases de combustión), o de la presencia de elementos corrosivos por alta temperatura (la presencia de vanadio en el F.Oíl la cataliza).

¿Cuanto es la vida útil de los tubos en una caldera?

Esta pregunta es muy dificil de contestar, ya que depende desde el tipo de caldera, la calidad del agua de reposición, los tratamientos químicos internos y externos, el tipo de operación a que se somete la caldera, etc.

Pero podemos decir, que una caldera de uso normal, con un agua de superficie ablandada (con agua de pozo la situación de corrosión es más comprometida) y con un tratamiento químico adecuado, es probable que los tubos fallen por "desgaste" (corrosión) de la zona de combustión y no del lado del agua (como generalmente ocurre por malos tratamientos químicos).

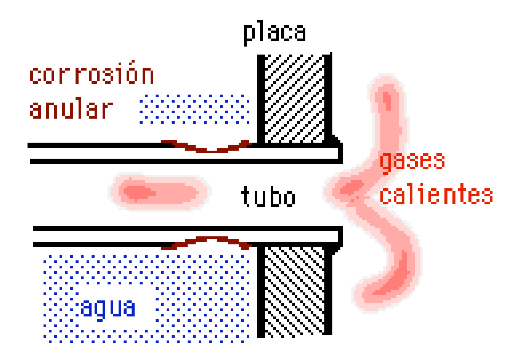
El promedio de vida de los tubos en calderas humo-tubulares (del lado agua) en el Uruguay en la década del 70 se podría estimar en unos 7 a 12 años, al día de hoy estamos a más de 20 años.

¿Cual es la corrosión más común?

En calderas humo-tubulares con marchas irregulares (con paradas frecuentes) la corrosión por "pitting" (perforación por corrosión por oxígeno en el agua) con la caldera parada. En calderas con marchas continuas, si el tratamiento químico y la calidad del agua es muy cuestionable, la corrosión "anular" (corrosión en forma de anillo sobre el tubo contra la placa más caliente).

En calderas acuo-tubulares la corrosión más común es la provocada por el lado de los gases de combustión (generalmente debajo de los refractarios en las zonas más frías, la presencia de azufre en el combustible). Cuanto más tiempo "para" la caldera, mayor será la posibilidad de corrosión.

En calderas de agua caliente (calefacción), la corrosión de los "stays" (refuerzos entre el hogar y las envolventes en caldera de formas planas), es una corrosión parecida a la corrosión anular (el material se corroe por la formación de zonas diferenciales : calientes y frías). La disminución de ésta corrosión se logra químicamente).



Corrosión anular (el tubo es atacado por la placa más "caliente")

¿La presencia de barros puede provocar corrosión?

Sí!!!!! Debajo de los barros, depositados en zonas frías,

se produce una corrosión provocada por los diferenciales entre esa superficie sumergida y aislada químicamente, pero no eléctricamente, de manera que la corrosión debajo de los barros aparece como un "cráter" que puede llegar a perforar el material de hierro.

¿Cuál es la mejor forma de controlar (verificar su existencia) la corrosión?

La visual !!!!!!

Todos los otros métodos requieren con anterioridad una minuciosa inspección visual (ya que de lo contrario es difícil "embocar" la zona más comprometida por la corrosión) para luego utilizar estos otros métodos para medir espesores (ultrasonido, perforación manual, rayos X, líquidos penetrantes, métodos magnéticos, etc.).

Procedimiento : Parar la caldera una o dos veces al año, manguerear los barros e inspeccionar todas las superficies internas (incluso en el interior de los controles de nivel donde se producen corrosiones y depósitos, debido a la presencia de metales disimiles : corrientes galvánicas).

Del lado del fuego, inspeccionar periódicamente (dependiendo de los años de operación, del tipo de combustible, etc), buscando en las zonas más comprometidas, pudiendose lavar la caldera con agua caliente abundante y levemente alcalinizada (con soda, tomando la precaución de secarla lo antes posible).

Si es necesario, levantar los refractarios cuando hay una reparación de los mismos y estos protegen domos o colectores (o tubos).

Un colector, domo o tubo sumergido en refractario, si es atacado por corrosión : es conveniente (si está dentro de los límites admisibles) limpiar bien los mismos de óxidos y luego dar varias manos de aluminio alta temperatura (esta pintura actuará como una capa de sacrificio anódica).

¿Puede haber corrosión en la cámara de vapor?

No es muy común, pero la puede haber debido a que la caldera al pararla y enfriar no se ha inundado correctamente (con el secuestrante de oxígeno y un PH más de 10,5). Luego de un largo tiempo esta corrosión pasa a ser importante en algunos casos.

La otra corrosión puede ser debida a la presencia de grandes cantidades de CO_2 (en aguas de pozo con alta alcalinidad), este CO_2 pasa a introducirse en las conexiones de la cámara de vapor que tienen condensado frío (sifones de presóstatos, manómetros o cañerías "muertas", es decir cerradas en forma casi permanente) baja el PH y se produce una corrosión ácida.

En algunas columnas hidrométricas exageradamente grandes (caños de más de 4") el alto enfriamiento de la superficie provoca una excesiva condensación , al igual que lo dicho anteriormente, lo que produce : que los grifos de cobre o bronce colocados sobre la columna someterán a la misma a una corrosión galvánica intensa (la eliminación de este problema será aislar la columna hidrométrica).

¿Hay sustancias químicas que se utilizan en el tratamiento que puedan provocar corrosión?

Sí!!!

Por ejemplo : las que tienen amoníaco, que se utilizan normalmente para combatir la corrosión ácida en cañerías de condensado, puede provocar corrosión en los "fittings", cuerpo de válvulas, etc., de bronce o cobre.

El exceso de utilización de elementos que contengan sodio (soda, ceniza de soda, fosfatos trisódicos, etc) y puedan librar cantidades importantes de sodio libre en determinadas condiciones de operación, esto provoca corrosión de varias formas, desde disolver la capa de óxido magnético protector,

hasta de provocar la antigua y temida "fragilidad cáustica" en las calderas remachadas (cortando los remaches o fisurando las chapas de las envueltas), la fisura intergranular de placas y mandrilados de tubos en calderas humo-tubulares, como la formación de zonas de hervido local (en tubos vaporizadores de las calderas acuo-tubulares y en alto régimen de vaporización, las calderas de alta presión corren gran riesgo de tener una corrosión por sodio libre en dichos tubos si no se trabaja con un PH adecuado a las condiciones operativas, ya que el fosfato trisódico tiende a separar un sodio formando hidróxido de sodio que ataca en forma local hasta llegar al "bellotamiento" del tubo y su rotura).

La corrosión en los sobrecalentadores ocurre del lado del fuego (alta temperatura y la presencia de vanadio), pero si hay arrastres de agua, los propios productos químicos del tratamiento interno, pasan a forman capas alcalinas corrosivas o aislantes, que llevan a la destrucción del sobrecalentador por alta temperatura.

Algunos elementos orgánicos arrastrados al sobrecalentador formarán una incrustación aislante que permite que el tubo no se refrigere y se genere corrosión (aunque luego el tubo aparece como limpio de incrustaciones, la materia orgánica desaparece al "quemarse").

El sulfito de sodio, usado en exceso o la utilización inadecuada como metabisulfito, provocan corrosión.

¿Cuál será la corrosión más temible?

Considero la corrosión más temible, aquella que afecta a la envuelta de las calderas humo-tubulares, ya que el esfuerzo que debe soportar es muy grande.

Una envuelta que pueda fisurar, una vez establecida la fisura, sino se para a tiempo, provocará una "explosión" de caldera de consecuencias muy graves.

Generalmente esta corrosión en la mayoría de los casos

es provocada por falta de control en las normas habilitadas de construcción (tanto de la calidad del material, diseño, pero fundamentalmente de fabricación : soldaduras y alivio de tensiones).

Otras veces el mismo tratamentista con un concepto equivocado, trata de provocar las reacciones químicas midiendo su resultado químico solamente y no teniendo en cuenta que **la caldera no es un recipiente de reacción química solamente**, ya que lo que se busca es justamente la protección del recipiente o sea la caldera.

Los resultados de los análisis son una orientación de proceso, pero los pasos intermedios que ocurren en el interior de la caldera son los más importantes, con esto debemos de tener cuidado que dichas reacciones intermedias no afecten la integridad de la caldera para solamente obtener un resultado puro y exclusivamente químico (este es un error muy común).

¿Reacciones violentas, destructivas?

La corrosión es una reacción, que puede ser no solamente destructiva en forma lenta, sino que también violenta.

Cuidado!!!! Que también las hay.

En este caso no solamente nos referimos a la química interna de la caldera, donde en las limpiezas químicas son la de mayor cuidado (especialmente por el abuso del tiempo de exposición de los ácidos, su temperatura, inhibidores, desprendimiento de hidrógeno explosivo, mala neutralización y pasivación,etc. esto lleva después a la pérdida de parte de la caldera), sino que hay corrosiones externas de violentas características como la presencia de cargas importantes de hollín en recuperadores calor aleteados (especialmente los de aletas con aluminio), que puedan entrar en combustión . Este tipo de "incendio", bajo la presencia de agua o vapor de agua, donde el calor puede llegar descomponer al agua, que al quedar libre su oxígeno , el mismo más reacción de combustión con el metal a

alta temperatura, que a su vez se realimenta con el calor de la rápida oxidación. A veces es el propio operador intentando apagar el "fuego" y al utilizar agua para ello, lo que hace es agregar más posibilidad de que la reacción continúe y el el "incendio" no se apague, más bien aumente.

¿Hay corrosión exterior en la caldera?

Sí!!!!! Todas las pérdidas de agua y vapor que puedan "mojar" el cuerpo de la caldera, especialmente entre la aislación y el cuerpo de metal, se genera una corrosión muy importante si la caldera tiene períodos fríos (generalmente paradas). Estas pérdidas son las de las tapillas, entrada de hombre y cabeza, empaquetaduras de válvulas, goteo de las válvulas de seguridad mal instaladas, etc.

Muchas veces las calderas están al aire libre o bajo techos con pérdidas o goteos de condensados, que cuando la caldera está apagada, crean condiciones ideales de corrosión exterior.

Como estas corrosiones exteriores pueden afectar las envueltas en calderas humo-tubulares (zona extremadamente peligrosas), se deben de tener en cuenta para combatirlas que no se produzcan y además es necesario mantener inspecciones periódicas o bajo sospecha, sacando si es necesario la aislación: limpiando los óxidos, valorando si es necesario reparaciones y haciendo mantenimiento de las superficies (pintando con varias manos de aluminio alta temperatura) y fundamentalmente evitando que vuelva ocurrir.

Ejemplo: Calderas (ya con años de marcha) sometidas a pruebas hidráulicas, pasando bien las pruebas por manómetro, han tenido accidentes al perforarse sus envueltas !!!

DE LA SEGURIDAD

La seguridad en calderas pasa por el conocimiento de todo lo relativo a las mismas.

Un operador de calderas, sin conocimientos adecuados, es una "bomba de tiempo".

Una caldera bien mantenida, limpia y bien operada, generalmente es una caldera segura.

Las calderas automáticas podrán ser confiables en la medida que los son los mecanismos de respaldo de los propios automáticos (ejemplo: presóstato de máxima con "reset" o sea rearme).

También la seguridad pasa por el tratamiento químico del agua. (el 80% de las fallas que afectan la seguridad tienen alguna relación con el tratamiento del agua).

¿Cual es el punto más peligroso de una caldera?

El error humano!!!!

Así como todo mecanismo automático por sofisticado que sea, la caldera por ser un equipo de riesgo, el error humano puede ser fatal. Esto se cura con conocimiento y práctica sobre la misma.

¿Puede ser el incendio un problema en las salas de calderas?

Sí!!!!. No olvidemos que las calderas están operando con combustibles de distinta capacidad de reacción a la posibilidad de un incendio.

Los combustibles líquidos tienden a empezar su combustión como incendio en :

1-Los tanques de servicio diario, que generalmente los ponen a un nivel alto en referencia a la caldera para que las bombas de servicio tengan buena aspiración (el problema de este sistema son : **a- los derrames** por exceso de nivel, **b-la formación de gases** de venteo que puedan entrar hasta en

explosión con cortocircuitos del sistema de iluminación , comandos del nivel , etc., **c- la falta de una válvula o sistema anti-sifón** (es decir que si se rompe alguna cañería que está presurizada por la altura del combustible, el mismo se derramará y podrá llegar a provocar un incendio).

2-Derrames provocados en mangones por reventón por la presión de combustible (el problema o error más común es cerrar el retorno de combustible y el sistema de bombeo del quemador levanta presión entre la bomba y el mangón de retorno, provocando el derrame de combustible, generalmente ya bastante calefaccionado para su bombeo). El deterioro de los mangones con malla de acero de protección (los mangones podrán ser de metal corrugado con malla de acero y trabajar con presión cuando alimentan directamente a las lanzas de media presión : atomización con vapor o aire, el peligro es que dichos mangones se revienten por un golpe mecánico o por un cortocircuito debido al contacto con un cable o chispas de una máquina de soldar). Revise los mangones seguido.

3-Fallas de las válvulas de alivio en los tanques de calefacción del combustible (el exceso de temperatura en el combustible, o sea más de 145ºC en el F.Oíl pesado, puede provocar carbonización de las superficie de calefacción cuyo desprendimiento provoca el taponamiento de los elementos de seguridad de la presión, como ser un tanque de calefacción presurizado que está construido para soportar 30 Kg/cm2 de diseño y pueda subir su presión a más de esa presión por atascamiento de la válvula reguladora que actúa de alivio)

4-Derrames en el propio hogar de combustible por fallas de cierre hermético de las válvulas de control (generalmente solenoides). Esta falla será detectada por la célula fotoeléctrica si el programador tiene protección por presencia de llama al comienzo del ciclo, siempre y cuando el combustible esté en combustión en el hogar. De aquí que las calderas siempre necesitan ser vigiladas por más automáticas que sean.

5-Incendio de chimeneas y ductos por falta de limpieza del hollín.

En calderas a combustión a celulósicos :

1-La pérdida de combustible en los cargadores (estas pérdidas acumuladas pueden entrar en combustión con el calor de los accesorios de la caldera o por chispas)

La solución a este problema es mantener limpia el área próxima a la caldera.

2-El apilamiento de celulósicos húmedos por fermentación. Debajo de los amontonamientos de aserrín, cáscaras, "chips" de madera, etc, que tengan cierta humedad, con el paso del tiempo comienza una fermentación ("ardido") que puede generar tanto calor que provoca una combustión lenta y que con presencia de aire pasa a ser una combustión rápida (incendio con llama).

¿Conviene apretar los puentes de entradas de hombre, cabeza y tapillas con la caldera con presión?

Sí, es conveniente, dado que éstas permanecen sellando adecuadamente cuando hay presión en las calderas, la fuerza ejercida por la presión es la que permite la presión de sello de las juntas entre la tapa y el asiento.

Cuando la presión baja, la junta puede perder debido a la falta de apriete, **por lo tanto: reapretar los puentes con la caldera con presión, teniendo mucho cuidado al hacerlo de no provocar un movimiento en la tapa o tapilla que pueda hacer soplar la junta y quemar al operario** (por eso se debe de poner grafito en polvo o mejor en escama, con algo de aceite o grasa en la tuerca y arandelas, al armar lo puentes, de manera que luego se puedan reapretar sin demasiado esfuerzo).

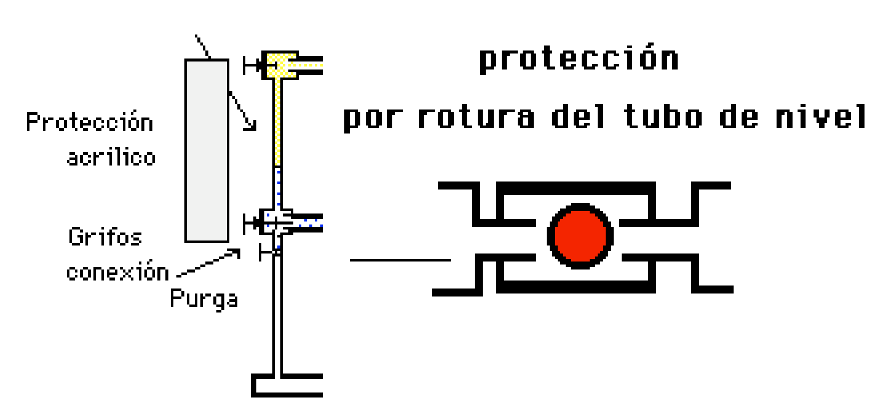
¿Que nos protege del reventón de un tubo de nivel visual (o cristal plano)?

Hay dos protecciones a tener en cuenta, una barrera

entre el visor visual y el operario, hecha en malla metálica con o sin vidrio o una placa de acrílico.

La otra protección es que los grifos que alimentan a los niveles visuales no sean de orificios demasiados grandes y que tengan un sistema de retención accionado por el mismo caudal del agua o el vapor (véase figura).

Cuando reapriete un tubo de nivel o un cristal, se debe de cerrar o incomunicar con la caldera, dado que ésta operación puede provocar la rotura del tubo o cristal (si aprieta un cristal hacerlo como si se apretara una tapa de cilindro de un motor o sea cruzado y si es posible con un torquímetro).



Acrílico de protección y válvula de protección

¿Es conveniente dejar una caldera a leña con combustible en su hogar en horas fuera de servicio?

No!!! Todos sabemos que una caldera cargada con rollos prácticamente "se apaga" al cerrar los aires, pero puede que por distintas circunstancias este combustible sea reactivado y su combustión genere presión y consumo de agua (podrán saltar

sus válvulas de seguridad, lo cual no es un problema, pero si la alimentación de agua no está activada, es probable que se provoque un recalentamiento de los tubos, de las placas o el hogar, provocando su aflojamiento, fisura o quemado). Lo mejor es dejar que se consuma todo el combustible del hogar al parar la caldera, que la presión de la caldera se mantenga y baje lentamente con el enfriamiento y no en forma forzada que puede provocar movimientos en la estructura de la caldera, lo que puede producir aflojamientos de tubos .

No conviene descomprimir la caldera, salvo circunstancias especiales (necesidad de reparación, etc.).

¿Frente a un incendio, que debo hacer?

Primero que nada, recordar que el foguista es la persona que conoce la caldera (su manejo y peligrosidad), los demás operarios, los bomberos, etc. desconocen que hacer con la caldera.

Dar la alarma, si es posible atacar el fuego con los extinguidores (observar el origen y magnitud del fuego, para tomar las medidas más inmediatas : apagar la combustión en la caldera y si es posible mantener la alimentación de agua hasta último momento. Es posible que se deba cortar la electricidad en forma inmediata, esto provocará que quedemos sin la bomba de alimentación (sin energía para su motor) sin comandos. En calderas a leña, si hay inyector o "burrito" ponerlo en servicio.

Cuidar de no echar agua sobre la estructura caliente de la caldera, especialmente en el hogar, esto provocará un accidente mayor en algunos casos (hay un movimiento de la estructura que puede provocar la rotura de la caldera o la formación de un gran "flash" de vapor que puede quemar a quienes estén próximos).

Recordar en los combustible líquidos de disponer arena y apaga fuegos con espuma, en los incendios eléctricos tratar de usar matafuegos de gas o polvo, etc.

Todo lo que se haga sin pensar será de riesgo, ya que la caldera en sí presenta un riesgo si está con presión.

¿Las válvulas de seguridad presentan un riesgo ?

Sí!!!! Deben ser adecuadas, mantenidas y reguladas por personas idóneas. No olvidar que son los únicos elementos que protegen por sobre presión, el accidente más peligroso en una caldera.

Una vez mantenidas y reguladas, deberían ser selladas y con una chapa punzada con los valores de calibración y fecha en que se hizo. Probarlas periódicamente : **manual para mantenerlas libres de "engripamiento"** y **dispararlas forzando la presión** (en períodos más largos y tomando las precauciones de no pasar por una presión mayor a la de diseño).

Los riesgos más comunes son:

1-válvulas mal eligidas o inadecuadas (usar válvulas de alivio en vez de seguridad).

2-engripamiento por falta de pruebas manuales.

3-mal ajuste de la presión de disparo.

4-vencimiento de los resortes (por la temperatura o mala calidad de los mismos).

5-mala instalación de las válvulas (cañerías de poca dimensión de descarga, descargan en la misma cañería con falta de dimensión, descargan en la sala, etc).

¿Debo tomar alguna precaución al abrir la entrada de hombre?

Sí !!!! . Mantenga la atención a los siguientes puntos:

1-La caldera puede estar caliente en su parte superior y salir vapor al abrir la entrada de hombre.

2-La caldera puede estar en vacío si no se abrió como corresponde la entrada de aire del grifo atmosférico y la tapa se puede abrir de golpe "como" succionando al operador.

3-Mantenga el control sobre las herramientas y los elementos de la tapa, para evitar que caigan en el interior de la caldera (esto vale para los objetos que se tienen en los bolsillos).

4-No maltrate las tuercas de los bulones de los puentes,

estos deben de ajustar suaves (si tienen grafito y arandelas). Use llave fija y palanca de caño (aprox. 80 cm).

¿Debo tomar alguna precaución para entrar en el interior de una caldera?

Sí !!!! . Considera estos puntos a tener en cuenta:

1- Asegurese que las válvulas de vapor que incomunican la caldera con otras que estén vaporizando queden cerradas y atadas para que nadie las abra (poner cartel de aviso).

2- Asegurese que la caldera esté lo suficientemente fría y que se haya establecido una corriente de aire (para poder respirar) en forma natural (abriendo una tapilla inferior para que circule el aire), o forzando el aire con un ventilador de tubo (cosa que no siempre es seguro).

3-Nunca baje solo al interior de la caldera, siempre debe haber otra persona en la entrada de hombre, atento a su persona o necesidades.

4-Utilice un sistema de iluminación de bajo voltaje (12 o 24 voltios) o linterna adecuada.

5-Saque de sus bolsillos todo aquel elemento que pueda perder al moverse en el interior de la caldera.

6-Utilice solamente la ropa que lo proteja, pero que le permita entrar y salir por la entrada de hombre.

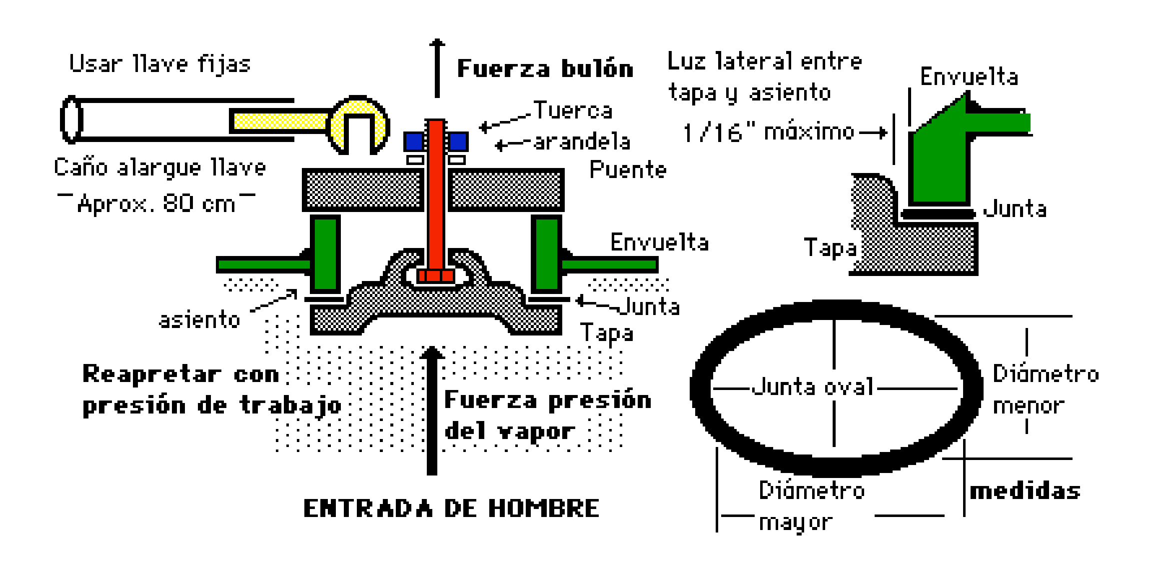
7-**Si tiene "miedo" no entre.** Puede esto afectar su sistema nervioso y después tener dificultades para salir.

8-**En caso de emergencia** (desmayo o pérdida de

conciencia), desvista a la persona que sacará por la entrada de hombre y puede hasta ponerle un poco de vaselina u otro elemento que no dañe su piel para poder sacarlo (deslizarlo) por la entrada de hombre. **No fuerce su cuerpo, busque que salgan primero sus brazos y luego el cuerpo.**

9-Frente a un ataque de nervios, trate de tranquilizar a la persona hablandole y busque dar un tranquilizante (buscando si es necesario la ayuda de una coronaria o un médico).

Pero si tiene miedo no entre!!!!!.



¿Las limpiezas químicas son peligrosas?

Sí !!!! En la medida que se hagan por personas sin el conocimiento adecuado.

El peligro en las limpiezas químicas es para las personas y para el material:

1-En la etapa alcalina con presión, se debe de cuidar el problema de la fragilidad (fisuras) del material y los operarios de las "quemaduras" por alcalinos (soda) a alta temperatura. Cuidese de los niveles, son frágiles.

2-En la etapa ácida **la producción de gases explosivos** (hidrógeno por desprendimiento de la acción del ácido sobre el metal) que debe ser correctamente "barrido", además, evitar la presencia de llamas o chispas en las zonas problematizadas. Así como el manejo del ácido para las personas (especialmente el efecto en la respiración y la piel), como así el daño que se puede infringir al material de la caldera por excesos de tiempos de exposición, temperaturas, inhibidores utilizados, concentraciones, etc.). Use máscaras, guantes, botas, etc.

3-El manejo después de la etapa ácida, para evitar la corrosión del material, buscando su pasivación en forma adecuada (neutralizado y pasivado del metal) lo antes posible. Si no se hace correctamente, puede el metal quedar con problemas de corrosión, como la temida fisura provocada por inclusión de hidrógeno o simplemente la debilidad del metal a las corrosiones en general.

4-Las limpiezas químicas que quedan incompletas, en el futuro pueden desprender incrustaciones que corten la circulación interna de la caldera, dificultando su enfriamiento y provocando recalentamientos locales.

¿Que es la seguridad en calderas?

La seguridad es Usted !!!!!

No deje para mañana lo que es necesario hacer hoy, en calderas ese hoy puede ser la vida de las personas o la fuente de trabajo de las mismas.

No subestime a la caldera por "chica" que sea o por más baja que sea su presión de trabajo, siempre será una caldera

y se comportará como tal.

Nunca exponga a personas no habilitadas al manejo de la caldera si no se le ha entrenado lo suficiente para dejarla sola operando la misma.

¡ Interésese ! por lo que sucede en el interior de la caldera, aunque Ud. no lo vea, por lo que sucede en el agua ocurren la mayoría de los accidentes.

Cuando compre una caldera, exija las normas de construcción, pero si es usada, trate de conocer su historial, de éste usted podrá deducir parte de la "confiabilidad" futura.

SEGUNDA PARTE, AÑO 2015 (recopilación de lo publicado en el Foro de "energiaenuruguay").

Esta segunda parte, trata de cubrir los problemas que se van presentando y son una recopilación de lo escrito en el Foro de "Energía en Uruguay".

Me trae algunas consideraciones para tratar el tema sobre CALDERAS DE BAJA PRESION (cuya presencia en el Uruguay es más del 90% y siendo las de ALTA PRESION muy diferentes en muchos sentidos que estas y cuya cantidad en Uruguay no superan el 5%, aclarar que todo lo que diga será para baja presión, salvo que aclare que es aplicable a ALTA PRESION).

1-¿Que es baja presión?

Se refiere a las calderas por lo general menores a 20 kg/cm2 (que generalmente son humo-tubulares) y si bien bien podría haber una gama de calderas de "media presión" (que ya son en su neta mayoría acuo-tubulares) que podríamos decir que va entre los 20 Kg/cm2 y los 40 Kg/cm2), de allí para arriba las presiones más altas (hasta 100 y pico de Kg/cm2) las podríamos catalogar de "alta presión", cuya construcción, operación y manejo es muy particular.

2-¿Cuales son los componentes estructurales de las calderas humo-tubulares de más riesgo?

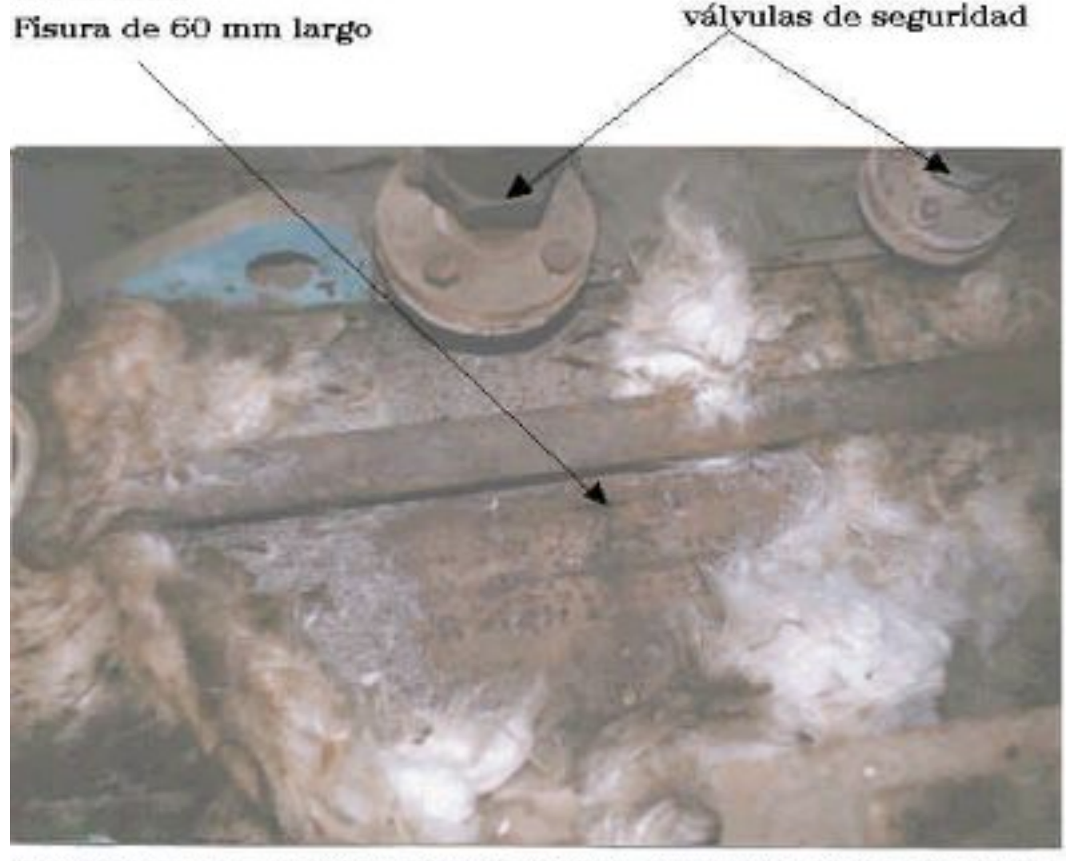
Hay 3 zonas de alta peligrosidad en las calderas humo-tubulares (no confundir con los elementos fundamentales para evitar provocar un accidente de una caldera humo-tubular, ya que por bien construida estos 3 componentes pueden sufrir su rotura por fallas de los elementos de seguridad: controles de nivel por bajo nivel, límite máximo de la presión como último escalón, función exclusiva de las válvulas de seguridad, el conocimiento del operador jamás debe ser dejado de lado, todas cosas que veremos a medida que avancemos). La primer zona y la más peligrosa es la construcción de la envolvente, que si falla por cualquier razón, es como la explosión de una bomba o granada explosiva. Claro que su diseño y construcción deben ser prioridad uno en la fabricación (he visto muchas calderas que fallan sus soldaduras longitudinales, las más peligrosas, que por suerte se han podido

detectar en la etapa de "fisura" y la etapa siguiente es la explosión, a las envueltas cuando se hacen pruebas hidráulicas de una vez y media la presión, es como "inflar" dentro de su límite elástico un "globo" y esto obliga a no equivocarse en la presión máxima, ni por error del que hace la prueba, ni el abuso del tiempo que la caldera está sometida a la máxima presión prueba (esto puede provocar deformaciones permanentes y cuanto más añosa la caldera más cuidado hay que tener por la pérdida de espesores) y a la "trepada" y "alivio" de la presión luego de la prueba, ni abusar de hacer pruebas hidráulicas de máxima presión, ya que significa un "abuso" y puede dejar fisurar que pasarán "ocultas" y que luego al levantar presión de vapor, en otras condiciones físicas, pueden generar un aumento de las fisuras con riesgo de explosión (por eso siempre hay que mirar cualquier "goteo" o "vapor saliendo de la aislación de la envuelta" e investigar inmediatamente, y parar la caldera inmediatamente si se observa que la pérdida es de la envuelta y no del prensa de alguna válvula o junta).
La segunda causa de gran riesgo que puede llevar a la envuelta a explotar es la falla de las placas. Las placas "sellan" ambos extremos de la envuelta, por ser planas son mantenidas en el lugar por los stays en la zona de vapor y por los tubos en la zona de bajo del nivel del agua o por el tubo del hogar (las placas su espesor está limitado por razones de refrigeración del metal, ya que muy gruesas serían muy difícil de lograr enfriar del lado gases). Aquí hay que tener en cuenta, que las placas, exclusivas de las calderas humo-tubulares, por ser planas y tener que soportar la presión interior del vapor y del lado de gases temperaturas en los gases, que pueden ser más de 1000ºC (pero que en esa zona debajo del nivel del agua normal que refrigera la misma, la superficie del metal del lado gases no debe pasar de los 420ºC, ya que por encima de esa temperatura se establece la posibilidad de fisuras y corrosiones, por lo que hay que cuidar que la placa no se "incruste" o tenga problemas de enfriamiento por fallas de circulación interna, y la parte superior de la placa en la zona de vapor la temperatura de la placa no debe pasar de 28ºC sobre la temperatura del vapor, ya que pueden producirse del lado interno problemas químicos por "el secado o concentración" de sales de gotas de agua o espumas que tienen las sales del agua de la caldera, siendo el problema más grave la posibilidad de una "fragilidad cáustica" sobre la base de soldadura o los stays mismos. Hay que tener presente que el vapor es muy mal refrigerante, especialmente en los momentos que se arranca con la caldera fría esto se agrava al no haber vapor de refrigeración, y por ser el vapor mal refrigerante los gases que están en contacto con el metal no debe ser de un valor que sobrepase la temperatura que hemos dicho (aislando si fuera

necesario de los gases de combustión que pueden estar en valores altos, o como en el caso de la biomasa la posibilidad de que se produzca una "post-combustión" en la cámara de humos, supuestamente de baja temperatura, pero esta combustión secundaria puede estar produciendo calentamiento locales. No solo es un problema el calentamiento por encima de los 28ºC sobre la temperatura del vapor un problema de orden químico, sino que puede las temperaturas pueden llegar a valores muy altas que destruyan con el tiempo la placa por "fatigas" térmicas reiteradas (como calentamientos rápidos y con mucha combustión, roturas de baffles separadores en calderas de 2 pases, etc.).
Y el tercer elemento que puede provocar un accidente con explosión es la rotura del tubo del hogar, hay muchas causas por lo que puede ocurrir: desde mal calculado sus espesores o aún un exceso de espesor que permita un sobrecalentamiento, o la corrosión del lado de la llama con el tiempo lo va haciendo perder espesor hasta que colapsa el hogar, la falla de la circulación interna por tenso-actividad alterada, las incrustaciones o barros acumulados en el fondo de la envuelta que lo pueden aislar del enfriamiento del agua, y por supuesto la la gran falla de un bajo nivel de agua que la llama si no se apaga el hogar se funde y colapsa hacia lado gases, pero no solo puede perforarse y descargar vapor sobrecalentado a la sala de caldera, sino que puede hacer desprender las placas la forzar las mismas por distorsión y provocar una explosión.

Como veremos luego, si podemos, cuales son los elementos de seguridad y protección de las calderas humo-tubulares, y realmente cuales son sus prioridades fundamentales para evitar un accidente.

Caldera de 10 Kg/cm2 presión
1200 Kg/hora vapor Gasógeno a leña
A los 4 años de uso. La fisura fue a unos 300 mm. de la placa delantera.



La fisura de la envuelta en una caldera, es el accidente más grave que puede ocurrir, ya que si no se para a tiempo la caldera, lo más probable es que la misma "explote" con gran expansión.

Como ven, estamos "marcando" las diferencias entre el conocimiento de las calderas de "alta presión" que son la menos en Uruguay (apenas llegan al 4-5% o menos) y que las calderas de "baja presión" son mucho más del 90% en nuestra plaza.

Si tuvieran claro el tema de calderas, se darían cuenta que en Uruguay los libros en su inmensa mayoría que se dan en las Universidades son para "alta presión", lo que genera un deformación cuando salen a plaza a trabajar con calderas con la mente "entrenada" a "alta presión", cuyos conceptos poco y nada tienen que ver con los de "baja presión". En los personal yo he sido formado en ambas franjas de presión (los barcos hace 50 años atrás, habían de los dos tipos de calderas, aunque les parezca mentira el barco Tacoma, que tuve la oportunidad en 1962-63 ser cuarto oficial en un viaje a Europa, y sus calderas eran humo-tubulares con sobrecalentamiento leve, con "turbinas", algo raro en un barco tan grande, ya que normalmente se usaban calderas "acuo-tubulares" para trabajar con más presión, la mayoría de nuestros remolcadores del puerto, viejo remolcadores, eran todos con calderas humo-tubulares y máquinas alternativas, así como las dragas que han trabajado hasta el día de hoy.
Subir a un barco de calderas de "alta presión" (como barcos de guerra, petroleros como el ORIBE, en el cual navegué en el primer viaje al Golfo Pérsico en 1962 aprox.). O como la UTE con la Central Calcagno, si bien era muy antigua, era "acuo-tubular", me tocó ponerla en marcha en 1963 como Jefe de calderas. O la OSE que bombeaba el agua del Santa Lucía, sus calderas eran "acuo-tubular" y eran muy antiguas, etc.
Por esto me preocupa, prepararse a una carrera de manejo de calderas de "alta presión" y después voy a trabajar a las fábricas con calderas de baja presión humo-tubulares, y lo más llamativo es ver a los ingenieros de hablar de "calderines" de las calderas de "baja presión" que son muchas veces más peligrosas que las calderas de acuo-tubulares" y que pretenden manejarlas con el concepto de alta presión cuando son dos cosas "parecidas" pero no demasiado, ni hablar de iguales.

Si vemos los tubos de las calderas acuo-tubulares por lo general pueden reventar (por muchas razones), dificilmente fisurar solamente y su pérdida aún no siendo una "explosión" obliga a parar inmediatamente la caldera, que si fuera en "baja presión" humo-tubulares los tubos "no revientan", solo se fisuran (por muchas razones), pero en la mayoría no es necesario apagar la calderas inmediamente, se puede programar el paro y la pérdida económico del proceso es mucho menor (incluso, veo que los que estudiaron calderas con los libros de las "acuo-tubulares" poco menos que se escandalizan si un mandrilado o mandrilado y soldado tiene un lágrima al hacer una "prueba de estanqueidad, yo les diría que "no pasa nada" y la mayoría de la veces con la caldera en marcha deja de "gotear". Antiguamente, los "viejos" expertos en mandrilado, hasta orinaban la sección del tubo que quedaría mandrilada, de manera que el

óxido que se formara entre el agujero de la placa y el tubo se tapara en pocos días).
En calderas "humo-tubulares" , los tubos por lo general fisuran contra la placas más caliente (la entrada de gases del primer pase de tubos), generalmente por incrustaciones que aislar el enfriamiento de la placa y del tubo, el calor los fatiga y esto fisuran en forma longitudinal o en algunos casos en forma radial, o el exceso de combustión con la presión baja, o una bajada de la tensoactividad del agua por exceso de sodas o falta de purga, etc.
En calderas "acuo-tubulares", la explosión por "bellota" de los tubos o sus fisuran tienen causas desde la incrustación, del exceso de combustión y mala circulación establecida en el calentamiento de la puesta en marcha, de la presencia de "hidróxido de sodio" libre que ataca el material en las zonas de mayor transferencia, etc. Además, el problema de las calderas con sobrecalentador de vapor son todo un tema para que los tubos se quemen por aislamiento de incrustación, falta de enfriamiento del vapor en la puesta en marcha o en la paradas que se le cortó el vapor de enfriamiento (por lo general nunca menos del 20% de la producción nominal de la caldera, controlando la temperatura máxima del vapor que usamos para enfriamiento a través del sobrecalentador tirandolo a la atmósfera hasta que se pueda conectar a los consumos, o sea lograr la presión y temperatura de sobrecaletamiento.
Si uno mira un tubo fisurado o reventado en una caldera de "alta presión", es muy posible mirando la falla tener claro que pasó, de acuerdo a los restos internos (lado vapor o agua, óxidos o incrustaciones o por la falta de espesores, mirando si la rotura en con "labios gruesos" o "labios finos", etc). El ataque por el lado del fuego, tanto por oxidación o ácidos de una combustión inadecuada, muchas
veces es el causante de la vida corta de una caldera, tanto si marcha como si se deja parada o mal parada en épocas de no generación. He comprobado personalmente, en mis calderas tratadas, que la parte química
del ladol interno del agua y vapor, si el tratamiento se hace bien, la vida útil he llegado a más de 35 años, sin embargo se me han agotado la vida útil de la caldera el "ataque" del lado combustión, sea en caliente o en frío (en biomasa todo tema por los ácidos piroleñosos de la mala combustión, en poco tiempo se puede destruir una caldera "acuo-tubular", que muchas veces no es tan problemático en calderas "humo-tubulares", pero también tenemos problemas en algunos combustibles según su composición, el ataque por abrasión como la cáscara de arroz, o la corrosión en caliente en sobrecalentadores por la composión de los gases

que pasan entre los tubos, que en biomasa la presencia de potasio y algun otro componente ataque en caliente a los tubos del sobrecalentador, o como sucede con F. Oíl la presencia de componentes no deseable como el azufre (que a las humo-tubulares no afecta tanto porque los gases por lo general están por encima de los 180ºC , no sí en las calderas acuo-tubulares que tienen recuperadores de calor en los gases de chimenea para aumentar el rendimiento de la caldera, el Vanadio es otro componente del F. Oíl que en "caliente" ataca al sobrecalentador y más combinado por la presencia de azufre.
Bueno, como ven, en medicina hay especialistas porque hay distintos campos que tratar, que todos son de "carne y hueso", pero cada especialista se dedica a lo que estudia, ya que no todo es aplicable en forma general.
Creo que este tema, es un tema para de la discordia, nadie quiere aceptar que estudió una cosa que no es aplicable a la realidad, pero como dije, observen en plaza los libros que se usan para estudiar calderas y verán que en su inmensa mayoría son para calderas de "alta-presión" y se mira hasta con "desprecio" el tema de las calderas "humo-tubulares", pero creanme, si no abrimos nuestra mente a ver las diferencias y bajamos a los temas a su verdadera aplicación: "alta presión" es una cosa y "baja presión" en calderas humo-tubulares es otra cosa, serán primos hermanos, pero casi ni hermanos son.
Pongo un PDF de explosión de envuelta de una caldera humo-tubular de recuperación de un motor diesel de barco de porte.

Este parece un tema menor, pero es el mayor problema de Uruguay, en donde las calderas de baja presión de vapor (por debajo de los 20 Kg/cm2 son más del 95% de las calderas instaladas y son casi el 100% humo-tubulares) y las calderas de alta presión y media presión (arriba de los 24 Kg/cm2 hasta las de más alta presión como las nueva papeleras o las Central Batlle que sobrepasan los 100 Kg/cm2 y son el 100% acuo-tubulares).
Las primer diferencia es tan simple, que lo misma historia de las calderas la pone en claro, una caldera humo-tubular es como un "granada"
explosiva (por la presión del vapor y el agua sobrecalentada adentro de un recipiente que una envuelta de gran diámetro relativo a su tamaño, es es el "recipiente a presión", que si falla la envuelta o la placa, los tubos no revientan, salvo el "tubo del hogar", podrán perder por fisuras o perforaciones y no pasa gran cosa) la explosión es una verdadera "bomba" por la expansión del vapor y el agua sobrecalentada que provoca su "flash" al ser liberada la presión a la atmósfera, que puede "borrar

una fábrica" o parte de ella.
Mientras que las caldera acuo-tubular, su creación fue la solución a tantas muertes que ocurrían en el siglo 18 y antes, por ser disminuida las dimensiones y las posibilidades de explosión del lado contención del agua y vapor (con volumenes muy fraccionados en tuberías y domos y colectores de relativo poco diámetro, lo que posibilito elevar las presiones antes imposibles de lograr con la humo-tubulares por la gran dimensión de la envuelta y sus espesores necesarios y las placas con espesores limitados por la transferencia térmica) que bajó tanto la cantidad de explosiones que se les llamó "inexplosivas" (claro, si no hablamos de las explosiones de hogar, ya que sus dimensiones de hogar son mucho mayores que las calderas humo-tubulares y su posibilidad de una explosión de hogar con esas grandes dimensiones pueden tener expansiones muy grandes que dependiendo del combustible y otros factores
las hacen más o menos riesgozas (entre ellas las calderas de gas, de carbón en polvo, de biomasa, caso este último que ocurrió en Uruguay con biomasa en Tacuarembó hace unos años atrás que al mes de ponerse en
marcha la caldera, si bien no mató a nadie, destruyó la caldera de gran valor).
Las calderas humo-tubulares son más difíciles que una explosión de hogar provoque un gran destrucción al arrancar (generalmente), su peligrosidad para los operadores puede ser fatal si estos no tienen el cuidado de ponerse al costado del frente de la caldera al arrancar, ya que una explosión de hogar puede desde "desprender" el quemador como un proyectil o "arrancar" de cuajo las tapas del frente de la caja humo delantera y arrasar con todo a su paso, lo menor sería alguna quemadura, que no es poca cosa.

Como vemos, si no profundizamos o no sabemos, que cada tipo de caldera, sea humo-tubular o acuo-tubular, no solo hay elementos constructivos y operativos que las pueden hacer más o menos peligrosas (de allí la necesidad de tener normas constructivas e instrucciones claras de operación), lo más grave a veces es lo menos sospechado: los problemas del agua en el interior de la caldera, en ambos tipos de calderas el problema es tan diferente que quién no sepa manejarse conociendo bien esta diferencia se meterá en la "boca del lobo" y la "macana" o "desastre" que podrá armar ser "mayúsculo" (el 80% de los problemas, roturas y explosiones de calderas están relacionadas al tema del agua y su manejo químico, algo que requiere conocimiento y mucha experiencia, ya que la caldera no es una "probeta de laboratorio" y el daño que se

puede provocar por el desconocimiento puede ser tan grande como la destrucción misma de la caldera. Quizás a un alto costo se pueda utilizar el agua con los valores de "alta presión" en calderas humo-tubulares, pero nunca se podrá usar las agua y valores límites que usamos en caldera humo-tubulares en calderas de alta presión, en horas haremos un "desastre".
Pondré un ejemplo de vida (mi vida en las calderas): en 1979 fuí contratado por la fábrica más grande de calderas de la época por un problema (yo trabaja todavía para una empresa extranjera petrolera, pero el trabajo no me gustaba, traje y corbata que no era mi gusto), no fué fácil encontrar todas las causas del problema, me llevó 6 meses resolver todas las causas del fenómeno que se producía, que era el aflojamiento de los tubos y la fisuras de los mismos y las placas a los pocos días o meses de ser entregadas las calderas humo-tubulares a sus dueños. Algunos ingenieros de la empresa no les gustaba que se me hubiera contratado (por el "sindrome de sapo de otro pozo de origen de estudio", algo que me persiguió toda la vida, hasta el día de hoy que soy un veterano que "no muerdo, solo ladro").
La primer causa de falla, la más fácil: los mandrilados eran mal hechos, la falla era "pasarlas de mandril" por el miedo a que se aflojaran, ya que no se daban cuenta que si bien hubo épocas que esto no les pasaba tan a menudo, la venta de caldera estaba en un "pico" en la plaza, empezó esta falla que estaba asociada a otros poblemas por distintas causas que iré explicando (un tubo pasado de mandrilado, en aquella época que no se soldaba y mandrilaba, el metal con exceso de mandrilado o deformación perdía su características mecánicas y solo se pueden remandrilar,
más bien que falte mandril y no que el mandrilado sea excesivo). Hice un pequeño informe de como mandrilar por medida los distintos materiales y mandriles, y esto mejoró sustancialmente el problema (el problema de aflojamiento de tubos, pero no la fisura de los mismos o las placas).
Las placas son un elemento muy delicado en una caldera humo-tubular, pero lamentablemente nuestros técnicos ignoran algunos consideraciones fundamentales, como ser los límites de temperaturas de las distintas secciones, bajo el nivel o sobre el nivel del agua o sea la cámara de vapor.
La segunda causa más común, los malos tratamientos de agua (incluso hasta los ablandadores de agua se fabricaban como para una tintorería, con un concepto de laboratorio y no por la dimensión necesaria, además la operación de los mismos y el diseño eran muy malos, ambos concepto los cambié, el diseño más "operario proof" para que no tiraran la resina a los pocos días de arrancar y que la regeneración fuera con sentido químico, y además la dimensión adecuada al consumo de agua necesaria

para dimensión de consumo y con criterio de no estar pendiente si el ablandador había que "regenerarlo" cada pocas horas (hasta el día de hoy he diseñado más de 400 ablandadores y algunos de gran dimensiones, 100%
en acero inoxidable de alta calidad y bajo contenido de carbono para evitar fisuras, algunos hoy tienen más de 30 años sin problemas y durarán otros tantos , cuando los modernos de fibra, muy baratos, duran poco tiempo y lo peor es que son automáticos y si a estos no se les presta atención pueden destruir una caldera en meses incrustándolas (algo muy común, y aunque me llamen que soy "atrasado" por no aceptar en
calderas ablandadores automáticos, para mí el responsable de la caldera es el operador y no un automático propenso a fallas bastante frecuentes). Una caldera incrustada es candidata a aflojar los tubos de la caldera del lado de la placa más caliente y su fisura. Pero hay otras causas vinculadas a los tratamientos y al agua ablandada que explicaremos (pero lo tubos de las calderas humo-tubulares no explotan como los tubos de las calderas acuo-tubulares, estos últimos pueden explotar por muchas causas, y su peligro es relativo, depende de la zona y el tipo de caldera para provocar un daño que afecte a la seguridad de los operadores). Como por ejemplo la "mala circulación interna" por alteración de la tenso-actividad del agua, que en vez de "mojar" la placa y enfriar, se forma una "frazada de vapor" que aisla la placa del agua y la alta temperatura de los gases a la salida del hogar cilíndrico (más de 900ºC) no logra ser enfriada la placa por debajo de los 420ºC (límite superficial del lado gases y bajo el nivel del agua, sobre el nivel del agua jamás se deberá llegar a esa temperatura, se admite unos 28ºC por encima de la temperatura del vapor, por razones que las normas no explican, pero hay que entenderlo, para ello hay que saber corrosión química y especialmente la "fragilidad cáustica" por acumulación de sales de sodio al secarse el agua o las espumas que sobrenadan la superficie del agua y que esto pueda llevar al corte de los stays y zonas muy tensionadas sobre la placa, por eso esta parte de las placas van aisladas de los gases de la salida del tubo del hogar (hay que aclarar que existe la "fragilidad ácida" en los aceros de alto carbono y algunas aleaciones, este es un problema ignorado que causa muchos accidentes, prueben en la cuchilla de acero del alto carbono de la cocina y pasenle un ácido que no este inhibido para que lo proteja, lo más probable que en la próxima milanesa que golpeen se les parta la cuchilla de acero, esto ocurría en los trenes de aterrisaje de los aviones que se partían al pasarlos por baño ácido para desoxidarlos, causó muchas muertes, hasta que se dieron cuenta, en la otra parte el

amoníaco con el cobre y el bronce, se produce una fisura que parte el material por "fragilidad", se llama "season cracking", porque se dieron cuenta cuando los cartuchos de bronce de los fusiles que usaban en áfrica explotaban en los meses de verano, debido al amoníacon desprendido por la putrefacción de los orgánicos con los meses llovedores y calurosos, el hombre aprende a "golpes").
Pero me quedaba un falla que ocurría y no me daba cuenta que podría ser, si me daba cuenta que la placa sobrecalentaba por falta de enfriamiento bajo el nivel del agua, lo que me obligó a estudiar que tipo de fábricas le ocurría esto, llegué a establecer por estadística que eran todas aquellas que la presión de la caldera bajaba de lo normal por uso excesivo del vapor (apertura de calentamiento de pailas o fulones de curtiembres, así con calderas que se arrancaban en alta combustión sin presión de vapor o mejor dicho sin tomarse el tiempo de calentamiento necesario para establecer la circulación interna). A estas fábricas las neutralizé haciendo instalar válvulas reguladoras de presión inversa, es decir, que la presión del vapor podía caer después de la válvula reguladora de presión, pero nunca permitir que la caldera bajara de su presión normal muy debajo y además poner un presóstato que apagara el quemador de la llama alta al detectar una "muy baja presión". Con esto y teniendo consideración al arrancar en frío (solo con llama baja hasta la presión
de trabajo, prácticamente logré que el problema quedara en el pasado.
Si estudiamos las calderas en libros para "alta presión", si razonamos como si estuvieramos frente a calderas acuo-tubulares, es muy posible que las calderas humo-tubulares (más del 90% en Uruguay) nadie las entienda sus problemas sean solucionados por caminos equivocados.
Como el caso de las calderas a biomasa, cuando hablé de "post-combustión", pensaban que estaba hablando de un "plato volador" y más cuando hablé de "sobre-calentamiento" de placas en calderas humo-tubulares, en años no logré nadie que quisiera tener una conversación "mano a mano" conmigo, mi experiencia en biomasa se remonta
a los 80 y antes, y midiendo con mis propias manos, en una época que ni las fábricas de calderas median, y así hasta hace poco, me hace pensar que nadie se anima enfrentar la realidad con el conocimiento real que dá el trabajo (hasta las propias gráficas me tuve que trazar para poder trabajar y enseñar) y tengo infinidad de fotos de calderas con las placas sobre-calentadas (que a todas protegí y hay un antes y después muy notorio que indica que si no las hubiera aislado quizás hubiéramos visto un grave accidente). Pero lo peor, es que a esta altura creo que ni saben cuales son las temperaturas máximas de las placas en las

calderas humo-tubulares, una deformación lógica si los libros enseñan alta presión y no calderas de baja presión (más del 90% del Uruguay, e insisto, porque es realmente preocupante este tema)
Negarse oír, despreciar a los técnicos por su origen o formación, es de muy pobre espíritu y poco favor le hacen al conocimiento, que es una acumulación de realidades y de "pienso".

Pero, bueno, veremos algunas diferencias más en la próxima "receta de cocina" sobre calderas.

Que estén disfrutando las vacaciones los que pueden y los que están luchando por generar vapor que les salga todo bien y no arriesguen por desconocimiento, además deben asociarse en una "ASOCIACION PROFESIONAL
DE FOGUISTAS" para divulgar y participar en todo lo relativo a las calderas de Uruguay.



Continuando con la respuesta (mi opinión) de la pregunta anterior :

¿ Porqué hay tanta diferencia en los tratamientos químicos entre las calderas de "alta-presión" y los de "baja presión"?

En "baja presión" los usos del vapor por lo general son para procesos térmicos con materias de todo tipo que en general tienen sus exigencias en la calidad del vapor (estará fijará los límites químicos del agua de calderas más que la presión del vapor), también son propicios los sistemas a contaminar el agua de caldera por el retorno de los condensados o hasta por el mismo vapor (cuando la caldera y las cañerías de distribución bajan su temperatura por debajo de los 100ºC y la producirse una presión más baja que la presión atmosférica lo que tiende a introducir al vapor los productos que puedan estar en contacto con el vapor, sea por que se usa la "inyección directa" de vapor para el calentamiento y no se pusieron elementos de protección (válvula anti-retorno, rompe vacío, etc) o la rotura de la estanqueidad de las superficies de intercambio. La contaminación del agua de caldera con productos de las producción en "baja presión" es una lucha permanente y muy "peligrosa" por los efectos que puede producir en la caldera.
En "alta presión", hay puntos de contaminación, como ser si se utilizan condensadores de casco y tubos (por rotura de tubos o lo más común por el aflojamiento de los mandrilados en las placas del condensador, y como por lo general las aguas de enfriamiento que se utilizan son muy cargadas de elementos contaminantes, como ser agua de mar, río o lagunas naturales o artificiales, siendo el agua de mar la más peligrosa (hay que chequear por su contaminación permanentemente en los retornos de los condensadores, la utilización de intercambiadores de intercambio iónico para extraer estas contaminaciones del condensado, ya que en "alta presión" es inadmisible que el agua de caldera se contamine), pero el punto de contaminación está muy definido y las sales que contaminan fáciles de detectar y esperables que sean solo éstas.
En "baja presión" las contaminaciones pueden ser las más diversas, y pueden producir daños irreversibles en la propia caldera (ácido de lavados zip en industrias lecheras, leche, suero, azucares, aceites, grasas, tinturas de teñidos, agua dura, etc.), siempre hay que estar en guardia, el operador de la caldera observando el comportamiento de los niveles visuales de agua, haciendo análisis de rutina o cada vez que se establece mucha oscilación de los niveles, coloración y espumas, etc. La contaminación en "baja presión" de tan diversos productos producen: alteración de la circulación interna, espumas que serán arrastres, corrosión, cambio de tenso-actividad, etc. Por ejemplo, los azúcares en

la industria azucarera, en la industria de los caramelos y golosinas, son muy comunes y muchas veces no se le dá importancia, pero entre las cosas más graves es la corrosión en el tiempo (antiguamente en las azucareras, con evaporadores y concentradores de varios efectos, hace más de 80 años, al terminar las "zafras" las calderas de diseño muy antiguo, generalmente del tipo "seccionales", se llenaban de agua con melaza y se hacían marchas a baja presión unos días, atacando los ácidos formados por la melaza y sus azúcares a las incrustaciones que inevitablemente se formaban por el desconocimiento de los tratamiento químicos y por tradición de la antiguedad en las islas del Caribe y del Pacífico, lejos de la "civilización". En las lecherías, especialmente si utilizan condensado de la evaporación de la leche de los concentradores, se tiende a formar una incrustación que desafía a cualquiera a extraerla química y fisicamente una vez una caldera o intercambiador incrustado (un incrustación prácticamente de sílice, lo que me llevado a sugerir siempre a que no se recupere el condensado de evaporación de leche, por lo menos del primer y segundo efecto, ni tampoco de los calentadores de placa de los pasteurizadores, puntos débiles de fácil contaminación). En la industria metalúrgica, con tratamientos de superficie, es bastante común la contaminación por ácidos, sodas, etc., muchas veces conviente tirar estos condensados (a lo sumo recuperar el calor por intercambiador calentando el agua de reposición). En la industria textil, la contaminación de la planta de teñidos es bastante común, no solo por rotura de intercambiadores, sino por la succión de los suministros de vapor si son de inyección y no se previsto un válvula anti-retorno de asiento de teflón y un rompe vacío. La contaminación por cloro es muy común en lecherias industriales, en frigoríficos y chacinería, en el calentamiento de aguas de pisicinas, etc., el cloro es muy activo para provocar la corrosión (su primer indicación de presencia es el consumo de sulfito de sodio en exceso a lo normal, por lo que en estas plalntas se hace muy necesario instalar filtros de carbón activado para ir atrapando el cloro (por supuesto chequeando que el agua a la salida del filtro sea sin cloro, cambiar el carbón si es necesario, que depedendiendo de su dimensión y el grado de contaminación (cloro puesto para desinfección en el agua de la planta) se deberá cambiar el mismo en períodos de meses o a los sumo años.

Generalmente, cuando una caldera se contamina, no sólo hay que sacar inmediatamente la causa de la contaminación, sino que hay que abrir la purga contínua en forma exagerada, compensando el tratamiento químico, para tratar de "diluir" la contaminación en el agua de a caldera para alejarse de los distintos daños que produce la contaminación (entre ellos el peligroso tema de "cortar" la circulación interna por "mala

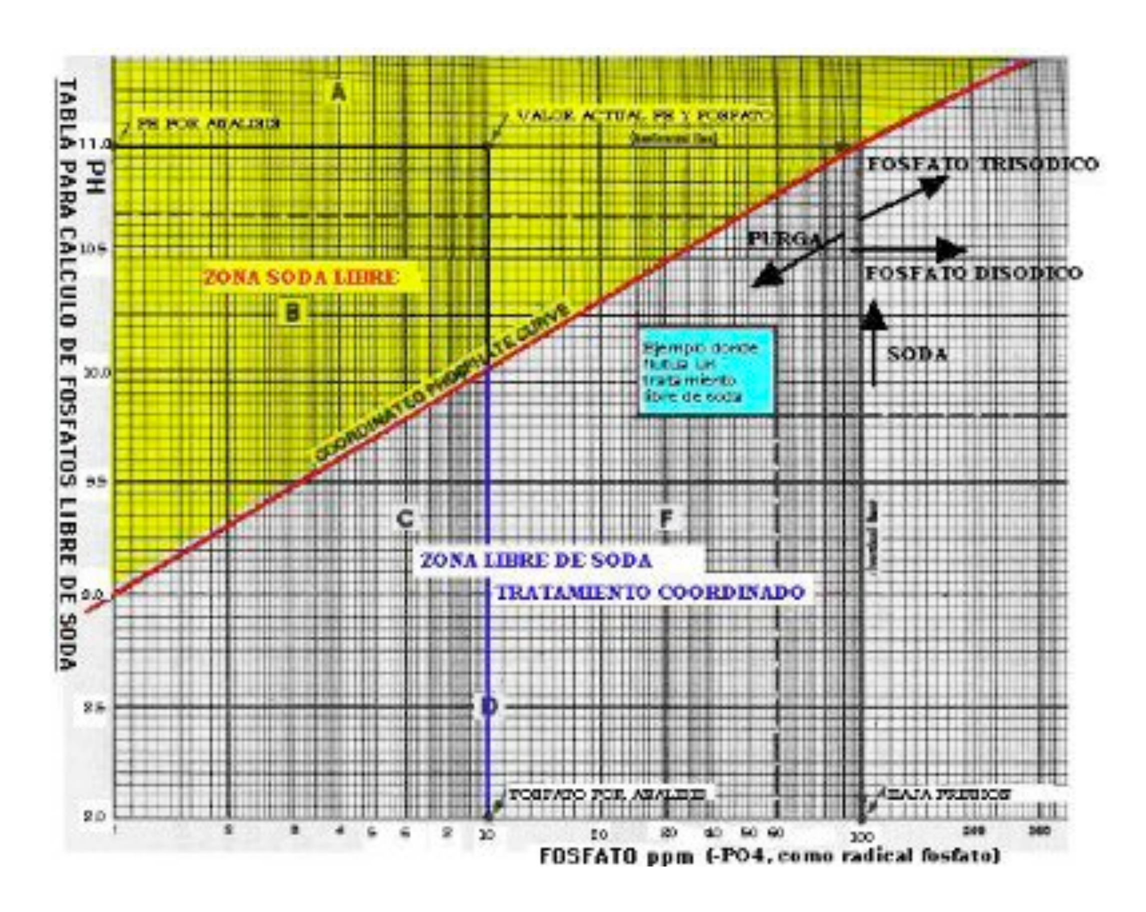
circulación" por alteración de la "tenso-actividad" y la posibilidad de "quemar la caldera" o "aflojar tubos" o aplastar tubos de hogar, fisurando las placas).

Como ven, la diferencia en "alta presión" con "baja presión" es muy grande en la parte química y operacional, pero hay toda una gama de "presiónes medias" que une a ambas calderas, lo que debe ser muy cuidadoso de ver los valores y los productos químicos a utilizar, ya que la presión no solo define a estos, sino los distintos usos a que será sometido el vapor. Por ejemplo, en "alta presión" no se debe usar el sulfito de sodio porque se descompone (ya casi en media presión), para ello se usa la hidracina (que es cancerígena, pero en alta presión el vapor no se utiliza en procesos de producción de alimentos y en contacto con el hombre). Sin embargo este error lo he visto en el Uruguay muy a menudo (que he tenido que ser un cuidadoso para explicar que la hidrazina no está habilitada para usar en las plantas de baja presión en contacto con alimentos, como ser lecherías, aceiteras, azucareras, etc.) o explicar que no se debe usar el sulfitod de sodio en "media presión" y menos en "alta presión" por la corrosión que provoca en la caldera y en las distribución del vapor (además de la contaminación olorosa del vapor muy desagradable).

Es evidente, que necesitamos profesores de todos estos temas, con un conocimiento muy amplio y no con una formación unilateral (que en Uruguay lamentablemente los libros que andan en danza en los institutos terciarios son por lo general son solo para "alta presión" y los profesores deben entender que si no tienen experiencia en el manejo de plantas de distintas presiones, lleva tiempo, conocimiento y "muchas ganas" de conocer estos temas, que no son nada fáciles, lleva tiempo ver los resultados de si los procedimientos son los adecuados). Recuerdo, que hace como unos 35 años atrás me llevó la fábrica de una caldera a investigar porqué una caldera que tenía meses de construida los tubos empezaron a perder como si fueran de "piedras pomez" o sea con infinitas perforaciones muy pequeñas. Mirando los tubos, que de tomas maneras ya se tenían que cambiar, no había otra reparación, se veía los mismos sin la más mínima capa de óxido de protección o de incrustación. En la planta los Jefes eran dos ingenieros bastante jóvenes, de origen químico y mecánico, le pregunté si ellos había hecho una "limpieza química", lo cual me confirmaron y le pedí como habían hecho el procedimiento: poniendo ácido clorhídrico en cantidades pequeñas y dejandolo actuar varios días, con calentamientos periódicos. Yo que tenía ya mucha práctica en limpiezas químicas de todo tipo de calderas y

equipos de intercambio, enseguida me dí cuenta que error estaba en esa limpieza química sin el conocimiento suficiente: la parte ácida debe en forma de "shock", en concentración relativamente alta (no menos del 5%) con el ácido inhibido para hierro, con la temperatura muy controlada (nunca en frío, ni más de 60ºC) y el tiempo suficiente (no largos tiempos, ni demasiado poco, controlando el fin de la operación en forma visual y quimicamente), cuidando la circulación interna de la caldera si es necesaria establecer una mecánica, pero jamás prender los fuegos con la calderas "cargadas" con el ácido. Por supuesto, al final, tirando el ácido y neutralizando a PH 7 a la descarga con soda o cal viva.

Las calderas de "baja presión" se deberán comprar de acuerdo al tipo de planta que se utilizarán (accesos de limpieza e inspección, purgas, etc.) para facilitar el mantenimiento y operación, así como la vigilancia antes de ocurran los problemas). En "alta-presión" las contaminaciones que ocurren en "baja-presión" son totalmente inadmisibles, ya que la caldera se puede "quemar" en contados minutos. Pongo un PDF para mostrar que algunas veces el propio producto del tratamiento químico "mal manejado" es nuestro enemigo y que si no inspeccionamos las calderas en forma periódica puede ser tarde si hay corrosión, no tan grave si hay incrustación leve.



¿Cual es la contaminación del agua de calderas de "baja presión" más problemática?

Aquí, uno podría decir que depende de que punto de vista. Por ejemplo: las calderas a F.Oíl (pesado y liviano) se pueden contaminar muy fácilmente con el F. Oíl si el mismo es calentado por el vapor de la caldera (por lo general el F.Oíl esta siempre o en algunos momentos con la presión más alta que la propia caldera) si no se han previstos algunas medidas de "seguridad", ya que la contaminaeón con F. Oíl es una de las más difíciles de quitar de las superficies internas de las calderas. Si a la caldera le entra F. Oíl (tanto por la alimentación del vapor al calentador de casco y tubos del F. Oíl o porque se ha pretendido recuperar el condensado del calentador, aquí el F.Oíl estará con la presión más alta que el vapora en general), los controles de

nivel visuales se manchan internamente con el F.Oíl o "sobre-nada" que esta sobre la superficie del agua el F.Oíl que es más liviano que el agua (flota), pero en las superficies de intercambio térmico de la caldera el F. Oíl se empieza a "pegar" (por eso no vaciar la caldera de entrada sin tirar el F.Oíl que flota, si hacemos bajar el nivel de agua se deposita sobre los tubos, envuelta y placas) y formar una capa aislante que puede provocar un recalentamiento local y lo peor, en el vapor producido por la caldera, al estar contaminada el agua y variar en su superficie su tenso-actividad a provocar "arrastres" de agua y F. Oíl y el olor de F. Oíl se detecta inmediatamente en los consumos de vapor con equipos abiertos o por las pérdidas de vapor de vástagos, platinas, etc., como quién dice: una catástrofe en algunas producciones. Lo primero que hacemos es apagar la caldera y cerrar el combustible al calentador de vapor, así como la entrada de vapor y salida de retorno de condensado si la hubiera, tirando el mismo a la cloaca. Luego con la caldera apagada y lo antes posible, ir inundando lentamente para que el F. Oíl que "sobre-nada" el agua salga por arriba de la caldera (por el grifo atmosférico o sacar una válvula de seguridad si es necesario), drenar inundando la caldera hasta que deje de salir F. Oíl por la parte superior. Luego, prepararse hacer un hervido alcalino (fosfatos trisódico con soda soda, etc., en general con unos 5 kg/m3) con un detergente no iónico (unos 20-30 ml./m3), prender la caldera muy suave y drenar mucho por la purga continua hasta que salga el F. Oíl que "sobre-nada" que se desprende de los tubos y paredes de la envuelta y placas (solo levantar presión para que haya un "hervido", de un par de k/cm2 y evitar un problema transferencia). Además cada tanto hacer purgas de fondo para sacar barros y suspensión pesada contaminada con F.
Oíl. Esto puede llevar horas con fuego muy lento. Después de vaciar la caldera proceder a un manguereado con agua caliente de buena presión y caudal, con las tapillas bajas quitadas, incluso sacar los barros manualmente que se encuentren depositados en la parte baja de la envuelta. NO ES UNA TAREA FACIL, LLEVA HORAS DE MANGUERA.
Para evitar que esto pase, la contaminación por F. Oíl por la cañería de vapor, hay que instalar un par de válvulas de retención en serie con asiento de teflón la más cerca del calentador y de cromo-níquel la más cerca a la válvula de corte de la caldera, entre las dos válvulas de retención se puede disponer el sistema de válvula de suministro y control, a veces poniendo una purga entre ambas retenciones para ver si hay contaminación por retroceso de la primer retención contra el calentador, sea solenoide o modulante. El condensado de los calentadores nunca se debe introducir a la caldera (incluso los

calentadores de los tanque de servicio y reserva, se pueden descargar a través de un intercambiador de calor para recuperar el calor y tirar el condensado (lo más seguro y conveniente).

Las demás contaminaciones por lo general son "manejables", si las mismas
no son masivas se puede abrir bien la purga contínua e ir cambiando el agua hasta su limpieza total (lleva muchas horas), pero si la contaminación es de riesgo de corrosión, incrustación, o de contaminación a la producción, lo conveniente en vaciar la caldera (dejar enfriar hasta los 80ºC y vaciar totalmente, se puede volver a llenar y volver a vaciar (o manguerear si el agua es escasa). Cargar la caldera con los productos químicos de marcha y disponerse a calentar la misma en forma correcta (en llama baja hasta que largue bien el aire y vapor inicial por el "atmosférico", luego llegar a la presión total conectar). NO OLVIDARSE QUE SIEMPRE HAY QUE INVESTIGAR EL ORIGEN DE LA
CONTAMINACION Y ELIMINAR SU CAUSA (y se pueden poner retenciones en la
cañerias de suministro de vapor con riesgo y un rompe vacío).

Pongo un PDF que muestra que la instalación de un calentador de F.Oíl y vapor, su instalación correcta es de vital importancia, puede ser una "bomba" rellena de F. Oíl a mucho más de 100ºC (especialmente en todo el sistema de protección, desde el termóstato de muy alta temperatura, hasta la válvulas de alivio que no deben fallar ni nunca quedar aisladas por válvulas de corte entre el cuerpo o "shell" del calentador y el tanque de servicio (retorno sin válvulas).



Explosión del extremo del calentador por no tener una adecuada instalación de protección.

¿Que hace tan peligroso el uso de los calentadores de F. Oíl en calentadores de tubo y casco ("shell"), tanto para la contaminación del agua de caldera, como la explosión, eléctricos y/o a vapor?

Es evidente que la calefacción con vapor es mucho más barata que la calefacción eléctrica, pero los quemadores monoblock modernos hoy son solamente por calefacción eléctrica (alejan la contaminación del agua de caldera) y la posibilidad de una explosión con F. Oíl a altas temperaturas, muchas veces por encima de los valores normales al fallar los termostatos de muy alta temperatura, haciéndolos de tubos "sumergidos" en una masa de metal (generalmente de aluminio, con tubos de cobre, con las resistencias de calefacción entre secciones de la masa metal, los tubos dificilmente puedan reventar y si lo hacen no tienen un peligro de expansión con combustible caliente, cuya quemadura es terrible). Claro, a esta configuración a veces se le puede adicionar un calentador de casco y tubos a vapor.
No solo la dilatación hidráulica del combustible "sobrecalentado" al no cortar los termostatos es capás de ejercer un presión altísima en el caso y que lo reviente (claro, para esto debe el casco faltarle la

válvula de alivio directa sobre el mismo, y tener la posibilidad de aislar hidráulicamente el circuito de combustible por cerrar válvulas de corte a la salida y entrada del casco del calentador, aquí el F. Oíl con las resistencia eléctricas, con vapor es menos posible llegar a esas altas temperaturas, la dilatación del combustible es muy grande y su expansión al reventar impresionante (he visto varias veces estos escenarios en la realidad, algo terrible, no se salva nadie de ser quemado por el combustible en la inmediaciones, como quien dice "despellejado vivo"). Pero hay otras posibilidades de reventar el caso del calentador eléctrico o de vapor, es que las bombas de "empuje" del combustible al calentador son de "desplazamiento positivo" (son bombas de engranajes, u otro sistema, que si se cierra la descarga, la presión aumenta hasta "frenar el motor eléctrico" reventar el "acople", esto hace que la presión de descarga pueda llegar a valores muy altos, lo he vivido en varios lugares), estas bombas de "desplazamiento positivo" deben sí o sí tener válvulas de alivio en el casco de combustible al retorno del tanque servicio y fundamentalmente tener una válvula de alivio interna en la propia bomba (aunque he visto poner a las que no tienen, de fabricación nacional, válvulas de alivio entre la succión y la descarga, que muchas veces se tienden a trancar y no funcionan, levantando presión arriba de los 50 Kg/cm2 cuando su presión de servicio por lo general no pasa de los 22 Kg/cm2 en las calderas que se usa, los quemadores modernos atomizan a los 30 Kg/cm2 en alta. La otra es poner la bomba de alta del lado de la descarga del combustible, para evitar este riesgo de presurizar en exceso con la bomba, ya que la presión de atomización puede llegar a los 30 Kg/cm2, pero el bombeo de F.Oíl a más de 140ºC en algunos casos las expone a tener frecuentes desgaste, tanto en los sellos como en los propio engranajes u otros. O sea, algo que parece tan sencillo como un calentador de combustible, nunca le debe faltar las válvulas de alivio en el propio casco, tener el termostato de muy alta temperatura en el propio casco, tener el termostato de servicio, también en el propio casco y que las bombas tengan su propia válvula de alivio interna, además a todo esto que estén los elementos que permitan al operadores tener claro su funcionamiento: un manómetro directo al "casco" ("shell") con una adecuada protección del F.Oíl caliente y de su posible "endurecimiento" al enfriar, con un sistema de aceite intermedio de baja viscocidad, y además de un buen termómetro de lectura directa para controlar la temperatura del F. Oíl en el interior del casco, que aunque parezca perder el tiempo de hablar de estos accesorios tan importantes para el que entiende y una cosa intranscendente el que no mira con experiencia, controlando el mantenimiento de las válvulas de alivio, del funcionamiento del

manómetro y su calibración (para evitar malas lecturas que pueden llevar a un error fatal o simplemente una atomización dificultosa del combustible fuera de parámetros de temperatura y presión.
He visto y corregido muchas veces problemas que podían haber llevado a un desastre, fundamentalmente por válvulas de alivio que por desgaste no han actuado y los manómetros no indican correctamente la verdadera presión (que si es muy alta, las toberas se gastan con mucha facilidad y si es muy baja la atomización es mala, lo mismo con la temperatura, la temperatura baja produce mala atomización (aunque el quemador debiera tener un termóstato "por muy baja temperatura" para que el quemador no prenda y no atomice mal y si la temperatura es muy alta, el desgaste y la misma atomización que en apariencia mejoran, terminan generando un problema. Lamentablemente esta parte de la caldera no la inspecciona nadie, ni el compra ni los inspectores autorizados.

Bueno, todo este tema es puntual, y no es pasado, con la baja de petróleo y gas natural muy caro frente a este (la biomasa encarecida por los fletes), el F. Oíl seguirá siendo una opción válida (se puede guardar por varios meses).

¿Porqué se "trancan" las válvulas de alivo de los calentadores de F. Oil?

Este es un caso muy interesante, ya que hay la creencia que cuanto más caliente el F. Oíl mejor atomiza, pero que es acertado hasta cierto límite, ya que si se calienta a más de 145ºC aparecen otros problemas colaterales que se generan, como ser "trancazo" de válvulas de alivio, desgaste prematura de "toberas" por abrasión (descartando que tenemos buenos filtros en el suministro de F. Oíl). Esto ocurre que para superar esta temperatura de 145ºC las superficies de intercambio de calor (tanto a resistencia eléctrica como a vapor) producen unas "cascarilla" muy abrasiva que desgasta en alta velocidad por erosión a las "toberas" (agrandando el "agujero" y perdiendo también su perfil deseado de atomización) y las válvulas de alivio si trabajan sufren desgaste en sus asientos, pero lo peor es que las válvulas de alivio tienen en su interior un pistón que "sella" contra un cilindro contrarrestando el "resorte" que mantiene la presión al valor calibrado, el desgaste puede llegar a "trancar" por formar un "resalte" en la camisa, pero lo peor es que la "cascarilla" de F. Oíl puede "trancar" el pistón contra la camisa y anular el trabajo de regulación de las válvulas de alivio y sus orificios de compensación.

Pero con las resistencia eléctrica hay otro problema muy importante y es este: la "disipación" de calor (la entrega de calor por superficie, digamos por centímetro cuadrado) no es lo mismo para calentar agua que para calentar líquidos con más viscocidad (sea F. Oíl en este caso o aceite u otros parecidos), esto significa que muchas veces la falta de conocimiento cuando se fabrica o se repara un calentador eléctrico de F. Oíl no se ha tenido en cuenta la "disipación por centímetro cuadro" que es muy baja en comparación con las que se usan para calentar agua (como los calefones, cuya "disipación es como 7 o más veces mayor que las resistencia especiales que tienen las resistencias para los calentadores de F. Oíl (que al no recalentar tanto las superficies el F. Oíl no forma "cascarilla"). Recuerdo una fábrica de caldera que me contrato para investigar porqué tenía problemas con las toberas y las válvulas de alivio: investigando encontré que el fabricante de las resistencias les vendía resistencias para calentadores de agua, lo cual producían "cascarilla" que volvía loco a los técnicos del quemador. La "disipación" también en el calentamiento con vapor es muy importante, y esto depende mucho de la velocidad del F.Oíl en el interior del calentador y además de la presión del vapor (que hay que limitarla a un valor límite que en baja presión por lo general no es muy alta de por sí y no es un problema como en alta presión).

He visto reventar calentadores de F. Oíl por esta causa y por el empecinamiento de un vendedor de quemadores que como su quemador no atomizaba el F. Oíl adecuadamente, en vez de limitar la temperatura a 145ºC la llevó a más de 180ºC, era eléctrico, en una caldera que no tenía calentador de vapor (trabajaba a 7 Kg/cm2), a los pocos días la explosión del tanque o "shell" del calentador (no era de tubos, sino no hubiera ocurrido algo tan grotesto) reventó como una "granada", como cuando Mr. Beam pintó su apartamento haciendo explotar un tarro de pintura, menos mal que no había nadie en la sala de calderas, era una cementera y la caldera y el quemador de origen extranjero que le cambiaron el quemador monoblok).

Dejar un calentador de F. Oíl a la "orden", siempre calentando pero sin circulación no es buena idea, hay quemadores bien diseñados que el F. Oíl circula unos minutos cada tanto tiempo, de manera de ir provocando un calentamiento uniforme (parejo, para evitar los recalentamiento locales del F. Oíl estacionario y mantener caliente los circuitos alejados del calentador). En las calderas de alta presión, los calentadores de F.Oíl no van en el "tren" o en el quemador (como son los de baja presión de reducido tamaño de la caldera), sino son calentadores en duplex, con todos los elementos cuidadosamente diseñados e instalados, para que estas cosas no sucedan, pero si el vapor

es regulado a muy alta presión su temperatura puede ser un problema (lo que obliga a lavados alcalinos de limpieza periódica).
Resumiendo, si su calentador de F. Oíl eléctrico se "quema" una resistencia, compre una resistencia original o hable con el fabricante para que le fabrique una de baja disipación (para fluídos viscosos) o de lo contrario tendrá un dolor de cabeza.
Tampoco hay que descartar que si las "toberas" sufren desgaste prematuro no sea porque se están usando toberas para combustibles menos viscosos que el F.Oíl (gasoil o un F. Oíl de calefacción muy liviano), para F. Oíl las toberas deben decir en su exterior H.O. (Heavy Oil, que son diseñadas y probadas individualmente con F. Oíl pesado para certificar su funcionamiento, pero ojo, solo funcionan bien cuando la presión del F. Oíl pesado es adecuada, por lo general de 28 a 30 Kg/cm2, cuando las de gasoil funcionan a menos de 22 Kg/cm2 con F. Oíl liviano y si son para gasoil o querosene mucho menos). No solo que no duran mucho, sino
que atomizan mal.

¿Que temperaturas del F. Oíl pesado es más conveniente para cada tipo de quemador?

Los quemadores de F.Oíl pesado los podemos dividir en los siguientes formas de pulverizar el combustible: atomización mecánica, que a su vez los podemos subdividir en atomización por presión directa (por lo general lo podemos asimilar a la "atomización" de una manguera de jardín por la presión del agua y una tobera que provoca su dispersión (por el "giro" interno del líquido en una cámara torsional y por el efecto de la presión), para lograr esto en el F. Oíl pesado debemos trabajar a grandes presiones (entre los 22 Kg/cm2 y los 30 Kg/cm2, y la temperatura del mismo entre los 120ºC a los 145ºC para bajar la "viscocidad", ya que no es lo mismo atomizar un líquido con baja viscocidad que uno con alta viscocidad, como sucede si el F. Oíl está frío). La simple atomización por presión, si regulamos la misma solo por esta, la presión, tendremos un regulación pobre, es decir en baja atomización o sea al bajar la presión perdemos velocidad en el interior de la tobera (al bajar el caudal) que tiene los "laberintos en espiral" donde produce el giro para lograr el efecto de atomización y la misma fija un límite mínimo de caudal de atomización. Para contrarestar este efecto de regulación por presión a la tobera sin perder el "efecto de dispersión" de giro en la cámara de la tobera, se logra el mismo regulando la presión de atomización haciendo que el caudal se mantenga casi constante, regulando

el "retorno" sobrante del F. Oíl por un orificio central hacia el retorno, que si bien hay un mínimo de regulación en baja, se logra una mejor atomización en casi todo el rango de capacidad de la regulación.
En el primer caso, al no tener buena atomización solo con regulación de la presión a la entrada de la tobera, para tener un rango variable de atomización lo que se hace es disponer varias toberas en "paralelo" que se trabajan a presión constante del combustible, pero se van usando y sumando las mismas a medida que se aumenta el consumo del combustible.
Esta modulación la podríamos llamar por "saltos" y la con retorno de combustible por el centro de la tobera sería una modulación "contínua" por "retorno" (lo más aconsejable si el quemador es ya de cierto tamaño).
La otra atomización mecánica que ha tenido mucho renombre en su momento,
es la atomización por "copa rotativa", en esta un cilindro gira a alta velocidad y se le inyecta lateralmente el combustible que se quiere atomizar, que al salir por el "frente" de la copa rotativa se atomiza (aquí la temperatura del F. Oíl es mucho más baja que la atomización por toberas, generalmente entre los 70ºC a los 90ºC para lograr que el F. Oíl que cae en el interior de la copa tenga cierta viscocidad que "agarre" mecanicamente el giro de la superficie de la copa que gira al grandes rpm, según su diámetro y capacidad (como quién dice para que no se "resbale"), la cantidad de combustible se varia por medio de una válvula de suministro a baja presión que se introduce por el extremo de la copa que sujeta al eje que la hace girar. Cada tipo de atomización tiene sus ventajas o sus problemas a contemplar, el de atomización por alta presión directa las bombas de bombeo para alta presión sufren desgaste y problemas con lo sellos (por la alta presión y temperatura que baja mucho su viscocidad y poder de "lubricar" la misma bomba en sus
elementos de bombeo que se "rozan"), la de atomización por retorno tiene menos problemas con las bombas de combustible, ya que la presión es menor y la temperatura no necesariamente tan alta. Los de copa rotativa son quemadores muy "nobles", pero muy caros de construcción y tienen un mantenimiento mecánico bastante importante (la presencia de rulemanes en
el giro del eje de copa y toda la transmisión al mismo, el mismo desgaste de la copa, los problemas de vibración por desbalanceo por escorias sobre la copa o desgaste desparejo) y se trabajan a baja presión y menor temperatura lo que hace que las bombas no tengan mayor problemas, además son más voluminosos.
Ahora tenemos los sistemas de atomización "asistida" (por vapor o aire),

que dan muy buen resultado, no solo porque se pueden trabajar con menos
temperatura en el combustible, sino por la excelente atomización, es muy importante utilizar el vapor y el aire "seco", es decir tener buenos separadores de las gotas de agua, que siempre se producen por "condensaciones, poniendo buenos separadores de agua antes de las lanzas
de atomización). En la atomización asistida hay varios tipos de "toberas", (que mezcla el combustible con el vapor o aire en una cámara de torsión y que sale por el orificio de atomización la mezcla, el vapor y el aire no tiene mucho consumo (es de presión por debajo del combustible y es constante en toda la carga), ya que su función es producir más velocidad de "giro" en la cámara y expansión en la salida, este sistema sirve hasta cierta potencia, ya en altas potencias no atomiza bien, ya que el vapor o el aire trabajan a presión constante. El otro sistema utilizado se basa en un "arrastre" el vapor o el aire provocar una "succión y mezcla" a la descargar del combustible que descarga de una tobera torsional o simple en una cámara de mezcla con el vapor o el aire, la presión de combustible es variable como el sistema anterior, pero el vapor o el aire es variable y de presión superior al del combustible (lo que provoca un mayor consumo de vapor o aire, pero son ideales para grandes quemadores, produciendo un atomización muy buena, tube la oportunidad de ser responsable de una caldera nueva de 55Tn/h que de una sola tobera o quemador, que en el cabezal de la tobera giraba "libremente" una masa o turbina que rotaba por el caudal del combustible y el vapor, realmente un quemador magnífico, pero todo un problema al cambiar el cabezal del quemador cada 15 días prendiendo un quemador auxiliar que solo podía usarse unos segundos ya que estaba descentrado de la cámara de combustión y se apagaba la caldera uno se quedaba sin generación eléctrica y esto paraba la fábrica, una maniobra casi "diabólica").
Se puede ver más información de mi parte en el **"Pequeño Manual del Foguista" ed. 2011 (https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing**).

La elección de un quemador a F. Oíl pesado en Uruguay debe ser cuidadosamente pensado (informado, mirando los resultados "ajenos" y no el "canato de sirena del vendedor), en general prefiero la atomización asistida para el F. Oíl pesado que ahora se ha logrado en calderas relativamente más chicas (a vapor, con puesta en marcha con aire comprimido), ya que nuestro F. Oíl pesado no es fácil lograr su buena

combustión por la cantidad de asfaltenos que son muy difíciles de quemar y forman facilmente "escorias" (que si reflejan el calor de la llama al pegar la misma sobre la escoria, termina quemando el cañon del quemador y esto es un verdadero problema, el vapor parece ser como "catalizador" de la combustión, pero fundamentalmente es "auto-limpiante" del circuito de combustible de los oficios de atomización en buena forma), además considerar siempre la posibilidad de tener una llama "piloto" auxiliar con gas de garrafa preferentemente (es mejor que el gas natural por tener más carbono lo que dá una llama radiante de alta temperatura por su luminosidad de las partículas de carbono, mientras que el gas natural contiene menos carbono y más hidrógeno y su llama no es tan radiante).
La tendencia en calderas humo-tubulares en quemadores modernos es poner
solo "arranque piloto" por chispa eléctrica de muy alto voltaje, pero son muchas la veces que falla o produce retardos en el encendido que son causantes de mucho humo al arrancar y la formación de escorias al "pegar" el combustible pesado y relativamente frío contra las paredes del tubo del hogar o del propio "anillo" refractario del quemador. Con gas de garrafa el encendido en general instantáneo y solo cabe el problema que la cañería de gas non tenga doble válvula solenoide de cierre y que al tener una sola válvula si esta pierde provoque una acumulación de gases cuando pare la caldera y una explosión de hogar al reencender por escorias sobrecalentadas o al arrancar nuevamente la caldera y el barrido haya sido insuficiente.
En la próxima, para cerrar este tema del F. Oíl veremos el "sobrecalentamiento de placas" provocado por este combustible y sus condiciones para que este mal ocurra, mal que no se le presta atención y es la vida de la caldera, ya que las placas su función no es la transferencia de calor, es su función más que nada de "soporte" entre la envuelta, los tubos y el tubo del hogar, pero que están sometidas a altas temperaturas y deben ser "refrigeradas" por agua en la zona más alta temperatura (a la salida del hogar y entrada del primer pase de tubos) y en la cámara de vapor en donde es refrigerada por el vapor producido en muy malas condiciones de circulación (es decir, su capacidad de refrigeración es muy pobre, pero hay circunstancias en que esta se puede sobrecalentar por encima de los permitido por los efectos internos de la interacción de las sales de las gotas de agua y espumas que pueden llegar a concentrar sales fragilizantes como la soda libre y producir fisuras en la base de los stays soldados a la placa, especialmente en el momento del arranque que no se formado vapor y se pone el quemador con demasiada potencia de fuego). Lo veremos en

detalle.

¿Las placas en las calderas humo-tubulares a F.Oil y gas natural tienen problemas de "sobre-calentamiento?

Yo diría que los sobrecalentamientos de las placas en los combustibles líquidos y más en los gaseosos son muy peligrosos y dañinos, hay que tener mucho cuidado en el control de inspección de estas calderas (el mecanismo del "sobre-calentamiento" en biomasa es distinto, es producto de una combustión "secundaria" de gases sin quemar, a la que he llamado "post-combustión").
Lo primero es tener presente las temperaturas máximas que pueden tener el metal de las placas del lado gases: 420ºC máximo en la zona por debajo del nivel del agua, este valor surge de la limitación de la deformación por "creep" tomada la misma para una deformación del 1% en 100.000 horas, además del problema de corrosión y fatiga del metal (placa y tubos afirmados a la placa) y arriba de la zona del nivel de agua que es refrigerada por el vapor el límite se toma 50ºF (28ºC aprox.) por encima de la temperatura del vapor en las superficies del metal de la placa, que su función es estructural y no de transmisión de calor (porqué las normas fijan este valor no está aclarado, popularmente hablando, quienes hicieron esta norma la hicieron por experiencias y yo creo que las mismas responden a un problema de las concentración de sales por evaporación por ser el vapor muy mal refrigerante, porque las gotas y espumas que puedan tocar la placa sobrecalentada pueden evaporarse y concentrar sus sales que pueden llevar a una "fragilidad cáustica'" que fisure la base de los stays afirmandos a la placa-envuelta (que si fisuran puede explotar la caldera en marcha).
Pero también podemos decir, especialmente en combustible líquidos y gaseosos, cuya temperatura a la salida del hogar y entrada al primer pase de tubos tiene en máxima carga no menos de 1.200C y si la caldera es de 2 pases de gases, hay una parte de la placa en la zona de vapor que debe ser aislada por un tabique para que los gases tan calientes no lleguen a recalentar la placa hasta "quemarla" (1.200ºC no es poca cosa, esa zona los gases si la caldera fuera de 3 pases sería mucho menor, por lo general menor a 300ºC), incluso, este fenómeno también puede ocurrir en calderas de 3 pases, si la división en la caja de humos trasera, salida del tubo de hogar y el primer pase de tubos, se "perfora" el tabique separador entre pases de tubos y con salida a chimenea (si la caja de humos trasera es de tubos o sea capilla, o baffle de

refractario, esto no pasa si la caja de humos es totalmente húmeda (lo cual es una gran ventaja termodinámica y elimina además este grave problema, ya que cuando se dan cuenta el tema de sobre-calentamiento está instalado y el daño ya puede ser importante, ya que el único aviso es la suba de temperatura de los gases de chimenea, que van subiendo lentamente y es difícil percepción).
Hay muchos profesionales que ignoran la importancia de las placas, que por ser estructural y no para la transmisión de calor, su refrigeración puede ser alterada cuanto mayor es su espesor, o si está aislada por incrustaciones del lago del agua, esto lleva a fisuras en la placa y en los tubos o el simple arranque de la caldera fría a muy alta llama en poco tiempo de calentamiento en que todavía tanto la circulación del agua como la producción de vapr, que refrigera malamente la zona de la cámara de vapor de las placas, permite que las placas se recalientes por mala transmisión del calor al agua y al vapor, lo otro es trabajar a muy bajas presiones a las calderas en momentos de máxima producción de consumo, esto provoca un alejamiento del agua de la proximidad de la placa por efecto de alta vaporización y las burbujas de vapor de mayor tamaño y producción que actúa como una "frazada" aislante (las burbujas de vapor actúan aislando la correcta refrigeración, esto es muy común en fábricas de consumos por "baches", como curtiembres, textiles , dulcerías, etc., que al arrancar cada vez un proceso el consumo de vapor hace bajar la presión de la caldera a valores no admisibles).
El problema en Uruguay se va notar cuando el gas natural sea un combustible de bajo costo y se pasen las calderas a utilizar el mismo, tanto las de combustible líquidos y probable las de biomasa, las temperaturas sobre la placa trasera será de poner mucha atención de limitarla, ya que con gas natural la temperatura de la llama del gas es muy superior que las de los combustibles líquidos y mucho más que las de biomasa (este tema llevó a un desastre cuando en Chile se hizo el cambio de combustibles al gas natural, muchas calderas quemaron sus placas, fisuraron las misma y especialmente los tubos en la zona sobre la placa, tanto solo mandrilados como mandrilados y soldados).
Cuando se haga el cambio, hay que ver que la temperatura sobre la salida del tubo del hogar o mejor dicho a la entrada de los tubos del primer pase no haga pasar el metal por encima de los 420ºC del lado gases, midiendo la misma o buscando de limitar la combustión máxima tomando como guía la temperatura de los gases de chimenea cuando la caldera estaba a "full" con los combustibles a ser reemplazados.
Claro, que cuando ya hay que al comprar calderas nuevas hay que pedir que se puedan quedan quemar tanto gases como como combustibles líquidos,

este es un problema de largo del tubo del hogar y por supuesto de potencia del quemador. Los quemadores de combustibles líquidos por lo general tienen indicado los volúmenes máximo de combustible a su máxima
presión de atomización (marcado en las mismas toberas), cosa que en los quemadores de gases no son tan fáciles de acotar (es modulante y depende mucho de la presión del gas, si alguien la cambia luego de un ajuste), por eso hay que tomar limitaciones secundarias, como temperaturas de chimenea (de la placa es complicado hacerlo y esperar a haber si se produce un daño no es aconsejable). Hay soluciones "remiendos", como poner "canutos" de cerámica a la entrada del primer pase de tubos para bajar el recalentamiento local (que es donde más afecta, fisurando los tubos y la placa).





¿Que diferencias fundamentales tienen los quemadores de gas natural con respeto al F. Oíl?

Es evidente, que el manejo de gas natural exige una seguridad mayor en su manejo que para la quema que los combustibles como el F. Oíl, ya que su peligrosidad de producir una explosión es mucho mayor. Hay un valor mínimo de mezcla con el aire para explotar, así como un valor máximo en que ya el mismo no puede producir su combustión (5% el valor mínimo y 14% el valor máximo del gas en el aire, tanto por debajo del valor mínimo o por encima del valor máximo la posibilidad de explosión es casi nula, aunque las explosiones de menor % de gas son más peligrosas que las de alto % de gas en el aire, algo que parece paradójico). Siendo uno de los problemas que la llama no es detectable por lo general por las fotocélulas de inflarojo que usan los quemadores de F. Oíl (llama luminosa por el alto carbono), generalmente se usan fotocélulas que detectan la radiación hacia el "ultravioleta", y siendo el quemador de cierta potencia ya es necesario la presencia de dos fotocélulas y que sean "auto-chequeables" (que verifiquen automáticamente su funcionamiento cada tanto tiempo, para tener la seguridad que ambas están en condiciones operativas). Que la presión de recibo del gas sea constante (y no que esté variando, lo que desajusta la puesta a "punto" del quemador (aunque los quemadores ya de cierta potencia deben tener válvulas reguladoras de presión especiales), tanto en su mezcla con la cantidad de aire, como su potencia y la calidad de combustión cuando la presión baja y puede llegar a producir grandes cantidades de hollín muy problemático, lo que desmiente que el gas no produce hollín (no es como el F. Oíl que el hollín está presente por varias razones y medible en los gases de chimenea por medio de una "bomba de hollín" que pasa una cantidad de gas de chimenea por un papel filtro y la mancha se compara con un patrón ya establecido, que nos indica la "calidad" de combustión de acuerdo a fallas de la combustión completa), he visto muchas calderas que han tenido estos problemas, llenando de hollin las fábricas o sus alrededores. Que el sistema de verificación de presiones sea el adecuado (tanto de baja presión como de alta presión, que porducen el "corte" del quemador) así como que las válvulas de gas tengan un diseño adecuado de abrir "lentamente" y cerrar "rápidamente". Que la llama "piloto" cuando corresponda por la potencia, sea de la dimensión o potencia adecuada, y monitoreada por las fotocélulas en el período de arranque. Ni que hablar de los "barridos" (que deben cumplir con los tiempos de "barrido" y "apertura" de las "persianas de aire para asegurarse de que no queden gases residuales o de pérdidas de las válvulas si estas la llegan a

tener cuando están cerradas (incluso las llamas "pilotos" deben tener doble válvula de control (para evitar la pérdida de gas de cualquiera de ellas). Pero lo fundamental es que el operador tenga una conocimiento y un "entrenamiento" adecuado, haciendo funcionar los chequeos necesarios (para eso disponen válvulas manuales de cierre rápido (esféricas de pase total), cuidando que su apertura sea siempre lenta aunque sean manuales. Algunos quemadores por su tamaño deben tener "venteos" a la atmósfera que "quemen" el gas de recolección de las pérdidas (pérdidas de empaquetaduras, de válvulas de corte, etc.). Ni que hablar de tener salas de calderas bien ventiladas permanentemente, instrumentos de mano
como fijos para detectar pérdidas (nada de "fósforos" o "encendedores", pera chequear pérdidas, esto es mortal, si no hay instrumentos usar agua y jabón con un pincel).
El ajuste del quemador y su resultado de combustión con chequeo de instrumentos (midiendo oxígeno para ver el exceso de aire, pero fundamentalmente tener un medidor de CO (móxido de carbono), ya que el mismo debe ser una pérdida por chimenea menos de 400 ppm, es contaminante y peligroso para la vida humana y animal, incluso por una explosión secundaria en ductos.
Recordar que el gas natural es más liviano que el aire (las pérdidas tienden a subir por escaleras y ductos, acumulándose en las partes altas si no ha buena ventilación), al contrario del gas de "garrafa" (un más pesado que el aire, que tiende a acumularse en las partes bajas de los edificios, es decir que para sacarlo al exterior se requiere ventilación forzada o de lo contrario queda acumulado hasta que llega a su valor máximo de explosión). Recordar que una explosión de gas se produce por cualquier chispa, desde una linterna no apta para ambientes explosivos, hasta un descarga de "estática" del roce de dos elementos o de una chispa entre dos metales por un contacto violento (herramientas de hierro, deben ser de bronces especiales, zapatos de cuero con clavos o "chapitas"), o la simple operación de una "llave de luz". Siempre ventilar inteligentemente frente a una duda al entrar a un lugar que se sienta olor a gas o la simple duda que haya pérdida (el olor del gas se introduce como "avizador" de que hay pérdidas, generalmente son mercaptanes, derivados del azufre muy oloroso, pero a veces en suministros lejanos se puede "debilitar" su presencia y esto es una "trampa mortal" ya que gas por sí solo no tiene un olor particular (lo mismo sucede con el gas de garrafas, tan olorosas a propósito, ya que están siendo usadas en ambientes de viviendas).
El gas natural es muy deseable comparado por el F. Oíl, su limpieza operativa (tanto al ambiente como en la propia caldera), pero un mal

manejo puede ser capas de "volar un edificio" (la caldera si explota, si es humo-tubular es peligrosa si uno está en una de los frentes o cajas de humo (las tapas de explosión no son tan efectivas si la explosión es importante), pero si es acuo-tubular la explosión puede ser de muy grandes proporciones (los hogares son de gran tamaño, no solo albergan gran cantidad de gas y aire, sino que sus superficies son muy grandes y fuerza es igual a presión por superficie, por presión de una explosión se multiplica por la gran superficies), lo que lo hace muy peligroso en el manejo de las grandes calderas (que por lo general se les presta mucha atención al diseño, al equipamiento y al entrenamiento del personal operativo, lo que minimiza los riesgos, pero que igual hay que estar en guardia siempre, han ocurrido y ocorren graves accidentes que destruyen la caldera y la sala de calderas).
Pueden encontrar mi información publicada en la página 160 sobre este tema en el "**Pequeño Manual del Foguista**" **ed. 10 del 2011 (https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing)**
que lo que busca es ilustrar al futuro o al operador que no ha recibido suficiente entrenamiento, un conocimiento básico sobre como "manejarse" con gas natural, tanto teórico como práctico. Por supuesto que aquí no está "todo", pero hay que tener claro que una cosa es el suministro "seguro" del gas natural y otra cosa es la "operación segura" de un quemador a gas natural, ya que son dos temas diferentes y los quemadores de gas natural llevan poco mantenimiento comparado con los de F.Oíl, lo que nos hace ir perdiendo la familiaridad de su uso y comportamiento (por eso debemos reclanarsos en el conocimiento, operación y emergencias del quemador a gas).
No dejen de tener en cuenta el tema del "sobrecalentamiento de la placa trasera" al quemar gas natural (recuenden que su temperatura máxima superficial del metal del lado gases y debajo del nivel de agua debe ser menos de 425ºC con el quemador al máximo para esa caldera, pero también
hay que considerar que por sobre el nivel del agua, la temperatura de la placa no debe ser superior a 28ºC sobre la temperatura del vapor a la presión de trabajo. Además considerar que tipo de caja de humos de retorno de gases del pase del tubo del hogar al primer pase de tubos, como el caso de las calderas con "capillas" que si pasan a quemar gas, la temperatura de los gases será más alta que la del F.Oíl en esa zona de la placa trasera y esto afecta la vaporización y por lo tanto la circulación interna de refrigeración de la capilla trasera, tanto sus paredes de tubos, de los costado y especialmente la del fondo si la tiene en vez de refractario, en estos casos de quemar gas es conveniente

ailar tanto los colectores como la pared trasera de tubos con refractario para disminuir la influencia del calor en la transferencia (de lo contrario el sobrecalentamiento de los tubos puede llevar a su fisura y más sabiendo que son zonas de barros que se van acumulando si las purgas no son efectivas, lo que acelera la fisura y la propia quema de los tubos (una reparación costosa y complicada, por eso poner a las purgas de los colectores una "ayuda" a recoletar los barros a las purgas (un ángulo de 3" a 4" de guía recoletora del flujo de la extracción de los barros de la parte baja del colector hacia la purga, pondré un PDF mostrando este "detalle" tan importante).



Soldar a la brida de los colectores un ángulo de 3' a 4'

¿Cual es el punto débil del suministro del gas natural?

Es casi imposible para un usuario disponer de depósitos de gas natural (licuado sería la única forma), que si se corta el suministro la caldera se "apaga" (con el F. Oíl por lo general se dispone de depósitos de "servicio" para unas horas y de depósitos de grandes dimensiones para largos períodos entre suministros, en mi caso llegué hacer construir un depósito de 3 millones de litros porque el suministro que era por barco por el río Uruguay y a veces las bajantes o las crecidas dificultaban que los barcos de ANCAP pudieran suministrar a tiempo, y con camiones un consumo de 170 m3. por día era impensable en los años 70).
Esto lleva a que debemos de prevenir el corte del gas natural y disponer

un quemador "dual" (que pueda quemar tanto gas natural como F.Oíl o disponer un sistema de cambio "rápido" de quemador para hacer el cambio programado en pocos minutos"). Un problema de los quemadores "duales" es cuando se pasa de quemar F. Oíl a quemar gas natural, ya que el F. Oíl pueden dejar F.Oíl "cokificado" (escorias) que pueden inteferir con el encendido del gas natural y provocar una explosión de hogar como ha sucedido, por eso en estos casos hay que limpiar bien las toberas de gas, el cañon, los deflectores, el chispero, las fotocélulas, etc. si se pasa de quemar F.Oíl a quemar gas natural.
Mostraré en un PDF una explosión de hogar provocada por esta causa en Uruguay, en las primeras experiencias en el Sur (en el norte se empezó mucho antes y se usaron quemadores de alta tecnología importados o se dispuso el uso del "cambio" de quemadores en vez de quemadores "duales" (que tienen un costo mucho más importante que el quemador de un solo combustible, hay que contar que ya se tiene un quemador a F.Oíl lo cual solo hace necesario comprar un quemador para gas natural, queda la habilidad como hacer los "acoples rápidos" para el cambio del quemador, tanto eléctricos como mecánicos para los fluídos.

¿Como puedo diferenciar una "mancha de calor" por "sobrecalentamiento" en una placa de una "mancha química"?

Siendo en biomasa un problema la "post-combustión" (como he llamado), una combustión secundaria retardada que vuelve activarse en una caja de humos, ductos o tiros inducidos (siendo esta última fundamentalmente este caso en gasógenos, produciendo hasta la destrucción del ventilador del tiro inducido), también debemos considerar el problema (sobre-calentamiento) que también ocurre en calderas de combustibles líquidos y gaseosos (pero por causa de falta de presencia de vapor de enfriamiento en arranques con mucha potencia de fuego). Primero definamos los límites de temperatura de las placas en la superficie del metal del lado gases calientes, siendo el máximo permitido de 420ºC debajo del nivel de agua y de 28ºC más la temperatura del vapor sobre el nivel del agua, o sea la cámara de vapor (que por lo general en calderas de baja presión son temperaturas no más de unos 250ºC la máxima
admisible en la superficie de la placa en la zona de vapor). Las "manchas de calor" tienen_ bordes difusos_ (es decir, al centro donde recibe el exceso de calor que produce una alta temperatura es más intensa la mancha y al alejarse hacia los bordes va perdiendo el color al enfriarse por alejamiento del punto de calor (que depende de que

temperatura haya llegado será su color, pero hay que observar de lado del vapor, pero debajo del nivel de agua difícilmente se produzca una mancha de calor (el enfriamiento del agua es intenso, salvo que haya incrustaciones que aislen del agua de enfriamiento y que además disimulan el color y del lado de los gases el hollín disimulan la mancha, salvo que el "sobre-calentamiento sea por mala circulación: presión muy baja con muy alta combustión, problemas de tenso-actividad del agua, etc.). Las "manchas químicas" son manchas que_ los bordes y el centro tienen casi el mismo aspecto,_ tanto en intensidad como color y su coloración depende del tipo de producto químico que la ha producido. Quién a la simple "observación" no se dé cuenta de la diferencia de una "mancha de calor" de una "mancha química" no demuestra mucha experiencia en calderas humo-tubulares.

¿Porqué el sobre-calentamiento de las placas en calderas a biomasa puede ser peligroso?

Porque ocurre, en caso de "post-combustión" en forma reiterada en el tiempo y con la caldera vaporizando (si hay una falla en la implementación del sistema de regulación de aires y tiros, que fundamentalmente en muy baja producción de vapor o con la combustión "cortada" no tienen un cierre adecuado en el aire primario bajo grilla (las "persianas" no cierran del todo, y por lo general tienen regulación de los aires por convertidores de frecuencia solamente, que siempre tienen la "entrada de aire" siempre abierta y el ventilador parado no significa un cierre al paso del aire y este para al 20% de las rpm para evitar el recalentamiento del motor). Estas "manchas" indican en la placa en la zona de vapor un sobre-calentamiento, lo que en biomasa, y ocurre que la placa en prácticamente "bombardeada" por gotas de agua y espumas (por la presencia de tubos hervidores de desahogo de la capilla de combustión), ambas cargadas de sales del agua de caldera, que se evaporan y concentran las sales, que en algunos tipos de agua (generalmente de pozo ablandadas por el alto contenido de soda que se puede concentrar hasta valores de "fragilidad cáustica" en la base de los stays y placas, pudiendo producir una "fragilidad cáustica" o sea una fisura que hace cortar el stay o la soldadura a la placa, lo que puede llevar a la explosión de la caldera en marcha (y con mucha suerte puede que la rotura se produzca en una prueba hidráulica, casi un milagro que se dé como "salva-guarda" de avisar que está por ocurrir el corte del stays o soldadura, por eso lo he llamado el "efecto perverso", porque es realmente un enemigo insospechado y silencioso.
Estos problemas han quedado en evidencia al pasar las regulaciones de

aire a variadores de frecuencia y se han eliminado las persianas de regulación del aire bajo grilla (el cual permite una regulación en muy baja carga y especialmente cerrar el aire con la caldera "parada" o sea supuestamente sin combustión, pero cargada de gases de la destilación de la biomasa, pero como nadie cierra el aire bajo grilla, se produce una destilación de la biomasa, que por esta razón se produce una pérdida de gases a la sala de calderas, humos, y para evitar esto se deja un "pequeño tiro" en los gases de chimenea (es decir, la combustión no esta en "cero", será muy baja, lo cual produce muchos gases que pueden volver a reencencer en las cajas de humo si hay presencia de oxígeno y mezcla de este con estos gases de biomasa en condiciones de entrar en combustión (aire más frío que no entre por entre la biomasa en proceso de combustión en la parrillas de quema directa, va por "caminos" distintos entre los gases más calientes, por lo tanto más livianos que el aire y no se mezclar para su combustión en la capilla de combustión, si lo hacen en la caja de humos donde se entrecruzan los pases humo-tubulares antes de salir a la chimenea, produciendo la "post-combustión" muy localizada en algunos casos, lo que producen las "manchas de calor", cuya temperatura no es muy alta (por lo general no más de 700ºC, que por calor en si mismo no daña la placa directamente, pero si es capas de producir el "efecto perverso" como lo llamamos de evaporar el agua que salpica la placa, en forma de gotas o espumas.
A mí me llevó muchos años darme cuenta del fenómeno de "post-combustión", y eso que medí gases y combustión de calderas de biomasa por más de 35 años, o sea, no espero que quienes no tengan suficiente experiencia en estos temas puedan comprender fácilmente este fenómeno.
Pondré un PDF para bajar, de como se produce el "efecto perverso", que tiene dos soluciones, la de emergencia y hasta absurda de aislar la placa de los gases (ya que esto es un pérdida de gases sin quemar por la chimenea y conviene que no sea así ya que la pérdida puede ser hasta el 30% de la biomasa como he encontrado en el estudio de algunas calderas) y la correcta es rediseñar la regulación de aires y tiros, para que la regulación del aire bajo grilla sea del 100% y sea capas de cerrar el aire totomente cuando la caldera "corta la combustión" a cero.
En los gasógenos el fenómeno es parecido, pero no igual, es como si la llama de la cámara torsional saliera más allá de esta, retrasando la combustión y volviera a "prenderse" en los ductos o en el ventilador del tiro inducido (hay calderas que han perdido el tiro inducido, doblando hasta los propios ejes de los ventiladores de gran diámetro y acero, destruyendo al mismo (esto se ha comprobado por estudios de computarizados en USA de que la temperatura debió haber subido más de

700ºC en los gases cuando lo normal apenas llega a 200ºC y que por lo general es mucho menor (se juega el rendimiento de la caldera si la temperatura es más alta, y solo en el momento que se produce el fenómeno
de la "post-combustión" aumenta la temperatura de los gases de chimenea en ese momento, lo cual es un tema a vigilar muy de cerca, ya que conozco 3 grandes calderas que les paso esto).
El link para bajar el "efecto perverso" es:

https://docs.google.com/file/d/0B9sA1bytwpClNExpR3owQlJZb00/edit <cid:part1.00080101.07060709 en k-bell.com>

Yo sugeriría que este tema habría que ser más expeditivos (ya llevo denunciando el tema hace varios años a distintas autoridades, los primeros las propia fábricas de calderas, con cero respuesta), no dá para pensamientos dilatados en el tiempo, ya que corren peligro la integridad de algunas de las calderas y en esto se nos va la vida de la gente y la propia existencia de las fábricas, y quienes tienen el deber de arbitrar en estos temas y frenar a la fábricas de calderas en sus errores (vaya a saber si por ignorancia o por razones económicas, aunque ya las calderas brasileras vienen con las placas aisladas de los gases en la zona de la cámara de vapor, yo les he escrito a algunas de ellas a partir del accidente de Algol en Chile en el 2010, el cual sospecho que esta fue la causa de su explosión en una prueba de las válvulas de seguridad) venden calderas en que se producen estos fenómenos (algo que por esta razón, regulación de aire y tiros) no se producía (salvo en momentos de los arranques con las calderas frías sin vapor en la cámara de vapor para refrigerar las placas, que por mal refrigerante que fuera sea el vapor, si las temperaturas están limitadas el problema del "efecto perverso" no se produce).

¿Es suficiente con medir el oxígeno en los gases de chimenea para juzgar una combustión de biomasa?

Yo diría que es totalmente insuficiente y muy "engañoso" (cuidado, con gas natural pasa igual), la medida del oxígeno en chimenea (que se pone en toda caldera a biomasa de cierta importancia-y algunas de gas natural-) lo que mide el oxígeno que forma el "exceso de aire o sea el

que queda "libre" luego en la combustión formando el "exceso de aire", pero no el que no reaccionó en la combustión y sigue camino hacia la chimenea (veamos, si es de celda caliente de alta temperatura, que por lo general lo son a alta temperatura con una celda de zirconio, mientras que los de medición portátil son de "medición seca" por absorción, como el Fyrite, el Orsat, etc o de "medición húmeda", que se utilizan celdas electroquímicas en ambientes de una cámara que tiene cierta humedad de la combustión, dan un poco menor valor que las "mediciones secas", tanto el de "medición seca" como el de "medición húmeda" miden el oxígeno que va en los gases de chimenea, tanto el que no ha reaccionado como el que compone el "exceso de aire") y esto no quiere decir si es suficiente o insuficiente para lograr una buena combustión, ni siquiera nos dice con claridad el "exceso de aire", ya que el "exceso de aire" es más complejo de medir, porque hay que tener en consideración la pérdida por chimenea de los "gases sin quemar" (entre ellos el importante CO, o sea monóxido de carbono, pero este no es el único gas que si se va por la chimenea por mala combustión y es una pérdida, sino que debemos considerar una serie de "gases sin quemar" (desde los ácidos piroleñosos a otros orgánicos) que se estiman duplican las pérdidas del CO. Por eso una medición de oxígeno en la chimenea de una caldera a biomasa (o gas natural) es más un "engaño" que lleva a conclusiones erróneas (hay que ver que oxígeno se mide, si el que no ha reaccionado o el que realmente es un "sobrante" luego de hacerlo reaccionar con los gases no "quemados" que van en la chimenea, como lo medidores con sensores a alta temperatura y este si podemos valorar como "exceso de aire"), por eso si pongo un medidor de oxígeno en chimenea, tanto para "ver el sobrante de oxígeno", para ver si realmente estoy obteniendo un valor de combustión aceptable "debo ineludiblemente tener un medidor de CO o "gases no quemados".

Como siempre habrá un cierto valor de CO o "gases no quemados", se toma como valor "aceptable", valores que la pérdida de energía y contaminación es mínima en chimenea. Una vez que tenemos los dos valores de O2% y CO%, más el valor del CO2% (medido o calculado) por método húmedo como el ORSAT o de "celdas electroquímicas frías", pero calculando el CO2% a partir de la composición de la biomasa, recién podremos hablar de "exceso de aire" (salvo los sensores que miden con alta temperatura luego de reaccionar el oxígeno con los "gases no quemados", caso óxido de zirconio), de calidad de la combustión (este valor de exceso de aire cuando medimos sin hacer reaccionar el oxígeno con los "gases no quemados" sale de una fórmula que expondré con una gráfica en el caso de la biomasa (tomando una biomasa estandar, que es Exc. de aire= (1-C02-C0)/((1-CO2-1.5C0-[(O2-0,5CO)/0.21)]). La medida de

"gases sin quemar" es la mejor, pero es más compleja que la de medir el CO, ya que se mide por métodos que hacen complejo su implementación. También se podría medir el O2 sobrante en gases de chimenea si en realidad la combustión fuera completa, si este se mide luego de hacer reaccionar el oxígeno con los gases todavía combustibles en chimenea que no han reaccionado en la caldera (células de medidas de zirconio de alta temperatura), pero esta medida solo dá el exceso de aire u oxígeno, pero no dá la calidad de la combustión.
En el caso del F. Oíl, con la simple medida de el O2% (cualquiera de los métodos) u CO2 y una "bomba de hollín" se puede establecer la calidad de la combustión con cierta precisión que permite ajustar la combustión, ya que la producción de gases sin quemar en forma de CO u otros en calderas humo-tubulares modernas casi no se produce o sus valores son muy bajos que no se tienen en consideración (son hogares fríos con poco refractario como para desdoblar el CO2), pero si pasamos a gas natural ya tendremos que poner un medidor de CO o de "gases sin quemar", y la bomba de hollín no tiene valor para juzgar el resultado de la combustión. Las pérdidas por "gases no quemados" son mucho más importantes y comunes
que la pérdidas por "exceso", ya que esta última la pérdida es el calentamiento de aire en exceso (desde la temperatura ambiente a la temperatura de los gases de chimenea, pero la pérdidas por "gases no quemados" es "verdadero" combustible "tirado" por la chimenea sin aprovechar su calor y su contaminación un serio problema que hay que tomar con responsabilidad, hasta se puede decir que en biomasa cada 1% de CO puede significar hasta el 7% de pérdida de combustible por chimenea (he encontrado calderas biomasa con pérdidas superiores al 30%,
realmente un barbaridad, y lo peor, han trabajado por años en esas condiciones, que si fuera F. Oíl no ocurriría, que que cuando hay mala combustión el F. Oíl la humareda que se arma "alarma" hasta el gerente que no conoce nada de calderas, el biomasa los gases de chimenea dicen muy poco, algo dice la llama, especialmente su largo y color, pero depende del tipo de cámara de combustión. Cuantas calderas a biomasa hacen su combustión en el tubo del hogar, algo realmente sin sentido, ya que no solo limita mucho el rango de combustión, sino que la pérdida por chimenea empieza a menos de su valor máximo nominal y lo peor que cuanta
más cargan el hogar con rolos mayor es la pérdida (total los humos no dicen nada, la llama no se vé su terminación y color con claridad en estos casos, que generalmente son calderas adaptadas de F. Oíl que ya por sí bajan su producción máxima baja un 30% la capacidad que tenía

con F.Oíl y todos contentos, creen que ahorran mucha plata y muchas veces esto no es así, es algo inducido).
Todo esto trato de explicar en mi "Pequeño Manual del Foguista", ya que considero que es un tema de fundamental importancia que se habla y hace poco, con mucho simplismo en la regulación de los quemadores.

¿Como se comparan dos calderas de biomasa, para saber la conveniencia de una o de otra?

Este es un tema muy sensible, pero lo primero que debemos es tener claro que queremos comparar, si la "Eficencia" de generación u otra "eficiencia" como la operativa, ya que la biomsasa que puedan quemar unas y otras pueden ser muy diferentes, especialmente en la humedad de la misma (tan variable por muchas razones) o si deseamos saber cuanto la comparación "térmica" es el aprovechamiento del calor para generar el vapor. Lo ideal, pero no real, es si pudieramos comparar dos calderas con la misma biomasa (humedad incluida), con las condiciones de generación de presión, temperatura del vapor, temperatura del agua de alimentación, % de purgas, condiciones ambientales de temperatura y humedad, forma de operación del manejo del combustible (cadencias de carga, regulación de aires, tanto por el % de exceso de mismo, gases no quemados, etc.), algo que en la práctica es imposible, solo aproximadamente podemos decir que a tal % de carga, con una humedad de
la biomasa de tanto % y una presión del vapor (saturado o sebrecalentado) dá tantos kilogramos de vapor por kilogramo de leña, etc. da un cierto valor que nos aproxima.....por eso sea ha creado los que llamamos "Eficiencia Total" (que dá un % del consumo del calor total que puede producir la biomasa referida la Poder Calorífico Superior o Inferior, en que se incluyen todas las "pérdidas": las de chimenea, las térmicas de la caldera, sea por disipación de calor hacia la sala de calderas, por las purgas, por pérdidas de vapor y los gases de chimenea.
O referirnos como aprovecha el calor una caldera desde el punto de la "Combustión" y del calor que queda en la caldera (que llamaremos de "Transferencia"), tratando dejar afuera las condiciones de la biomasa, esta sería la "Eficiencia de Combustión y Transferencia" que la referimos también al Poder Calorífico Superior (PCS) o al Poder Calorífico Inferior (PCI). Pero tenemos que tener claro cual es la diferencia entre ambos poderes caloríficos y que realmente refleja y porqué algunos países han elegido el uso de uno o del otro para

referirse a la "EFICIENCIA". El PCS es que en una "bomba de calor" se "quema" una cantidad de biomasa completamente y se mide todo el calor liberado, en que se suma el calor latente de vaporización del agua que trae el combustible y el que se produce al oxidar el hidrógeno (que forma agua, $H2O$), siendo el PCI la resta del PCS de este calor "latente de vaporización de esas misma suma de "aguas", que en biomasa la humedad
de la leña hace que estos valores varíen mucho entre unas y otras condiciones de la biomasa, mientras que los combustibles líquidos y gaseosos, esto varían solo por la composición del combustible en sus elementos químicos elementales, ya que la humedad no es un factor que influya más que accidentalmente si ha entrado agua en el mismo, algo impensable si queremos buenas combustiones por los efectos que pueda ocasionar el la buena o mala combustión. O sea el PCI= PCS- 600x agua ($H2O$) en Kg/Kg de combustible, ambos valores practicamente constantes en una misma procedencia de combustible líquido o gaseoso, pero muy variable con el valor de la humedad de la biomasa. Aclarado esto veamos cual es la diferencia de expresar la "Eficiencia" según el Poder Calorífico elegido. Los americanos han elegido referir la Eficiencia al PCS (que refleja el real aprovechamiento del combustible comparando las calderas según el PCS en que en muchos casos está comparando la caldera según sea el combustible y sus condiciones, incluso es muy real, ya que si una caldera a gas natural aprovecha el "calor latente" del agua de los gases de chimenea, la "Efiencia" podría ser más de 100% en caso de referirse al PCI. Mientras que los Europeos refieren las "Eficiencias" al PCI, que en realidad compara las calderas en su "Eficiencia" más que las condiciones que pueda reflejar las condiciones del combustible (es aprovechamiento del calor casi descartando las condiciones del combustible). Es decir, el primer paso al comparar "Eficiencias" entre calderas o diferentes cargas, hay que preguntar : "a qué Poder Calorífico está referido el % de Eficiencia" o de lo contrario no sabremos de que estamos hablando. Aclaro esto, debemos preguntar: "a qué Eficiencia nos estamos refiriendo, a la "Total" o a la "Combustión y Transferencia". No confundir con el dato que dá el fabricante sobre la m máxima vaporización máxima en Kg/h referida a un vapor teórico de 100ºC de agua de alimentación a un vapor de 100ºC saturado (esto significa un Kg. de vapor que se produce en estas condiciones teóricas equivale a aprox. 540 Kcal/kg y pensando en un caso real podríamos decir que sería el calor por Kg. de vapor de 10 Kg/cm2 con un agua a aprox. 62ºC. que en nuestras mente práctica quede más claro.
En combustible a biomasa la diferencia numérica entre la "Eficiencia de Combustión y Transferencia" al PCS y el PCI puede ser más de 10 puntos

porcentuales (siendo mayor numericamente la referida al PCI, ya que considera que el agua no "existe", pero la referida al PCS deja claro la influencia de las condiciones de humedad de la biomasa, juzgando la caldera y la biomasa asociada, mientras que el F. Oíl casi sin "agua" y de "bajo contenido de hidrógeno", la diferencia apenas llega a 4 puntos porcentuales menor, estando el gas natural con más hidrógeno que el F. Oíl la diferencia son unos aprox. 8 puntos porcentuales.
En resumen, la Eficiencia de "Combustión y Transferencia" al PCS juzga la caldera y el combustible, la Eficiencia de "Combustión y Transferencia" al PCI juzga la caldera sacando la influencia del combustible. Ojo, debemos dejar claro que en general la "Eficiencia de Combustión" y la "Eficiencia de Combustión y Transferencia" son lo mismo, por una razón que no entiendo porque se le llama por lo genral "Eficiencia de Combustión" cuando en realidad la "Transferencia" es una parte integrante de la misma muy importante, ya que medir una caldera "sucia" de hollín o incrustaciones, con mala transferencia, las pérdidas de calor por chimenea quedan reflejadas al medir las pérdidas totales de la chimenea en gases (tanto excesos de aire, como "gases no quemados", pero la temperatura de los mismos "reflejan" las condiciones de "transferencias", si bien también el exceso de aire influye, ya que el exceso de aire corre la térmicas hacia la chimenea).
Todo esto parece un "engorro", pero deja claro que hay que tener cuidado cuando nos hablan de Eficiencia en las calderas no es válido si no aclaran a que estan referidas, si al PCS o al PCI. Como dije antes, referirnos al PCI hace que una caldera de gas natural que trabaje aprovechando la condensación del calor latente del agua en chimenea, daría un % superior a 100%, lo que hasta un absurdo. Claro al vendedor le conviene hablar siempre de la Eficiencia al PCI, sus números son siempre más grande en % que lo referidos al PCS.
Pondré algunos PDF, a veces unas figuras aclaran más que las palabras (más si se trata de un tema poco trillado en nuestra plaza en la conversación común). Para medir la Eficiencia de Combustión y Transferencia se necesitan unos instrumentos de "mano" y el cálculo lleva segundos cuando la combustión es completa (sin CO o sea sin "gases sin quemar"), pero ya estableciendo un programa de computación (que lo llevo hecho por mí hace más de 30 años) el cálculo requiere medir el CO o los "gases no quemados", un instrumento un poco más sofisticado que los medidores de O2 o CO2, a esto un termómetro para medir los gases de chimenea (que soporte hasta 500ºC por las dudas, como me ha pasado en alguna caldera "desastrosa" y casi me "derretido" la termocupla, casi a 700ºC, era una caldera vertical a F. Oíl de una cementera, nunca había visto un pérdida tan grande por falta de transferencia). Para el cálculo

de la "Eficiencia de Combustión y Transferencia" de combustión completa, llevo confeccionadas varios tipos de "regletas" de cálculo (las pueden ver el "Pequeño Manual del Foguista" referidas al PCI y las regletas confeccinadas la hice poniendo ambos PC, bajar en :
https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing
.

De las fallas.

¿Si me sube la temperatura de los gases de chimenea por encima de lo normal de "todos los días" en una caldera humo-tubular, cuál puede ser la causa?

Aquí lo primero en que hay que tener en mente que tipo de combustible estamos utilizando. Marquemos las posibles causas:

1-Si la capacidad de marcha en que comparamos la temperatura de gases en
chimenea es la misma, hay muchas causas. Si la capacidad de marcha es más alta en el momento problema, es lo normal que suba la temperatura de chimenea. La temperatura sube en cada incremento de capacidad por el "corrimiento de las térmicas", hasta llegar a un máximo admisible de diseño (por lo general si no tiene recuperador de calor es aprox. entre los 260ºC a 300ºC, dependiendo también de la cantidad de pases y su largo, o si tiene "retardadores" (elementos introducidos en los tubos que mejoran la transferencia térmica), etc.

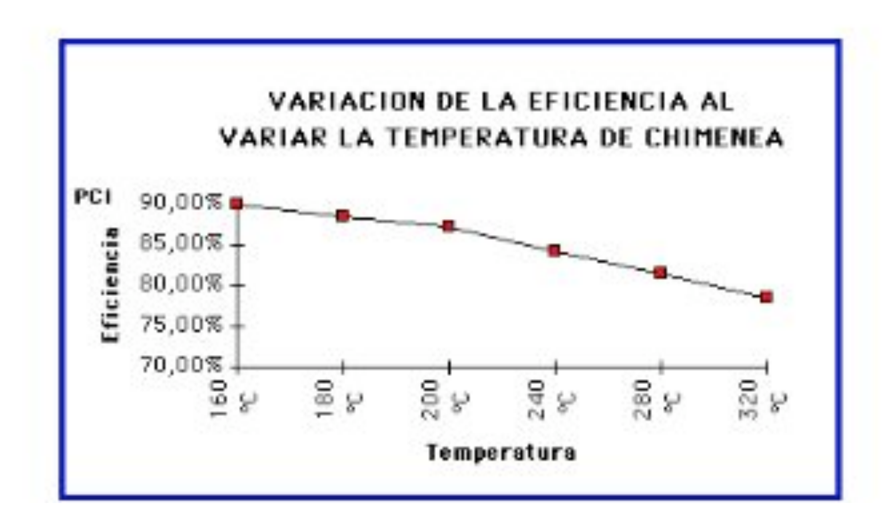
2-Si la temperatura de chimenea se ha incrementado en pocos días o un máximo de un par de meses, generalmente es un ensuciamiento de la superficie de transferencia por "hollín" o "cenizas", claro que para el F. Oíl es muy notorio si hay mala combustión (el humo en chimenea es el primer delator), en biomasa depende del tipo de combustión (gasógeno o quema directa, se nota una diferencia, ya que si el gasógeno está mal regulado o el combustible tiene mucha humedad, por lo general se nota más que en la quema directa), en gas natural si el exceso de aire es muy bajo o negativo, es probable la formación de "hollín" que ensucia casi tanto como el "hollín" del F. Oíl. En F.Oíl a veces en un par de días puede formarse una capa de hollín aislante (el hollín es sumamente aislante), no solo por lo difícil que son algunos F. Oíl con muchos "asfaltenos", sino porque el quemador es inadecuado para el tipo de F.

Oíl o el ajuste del mismo es inadecuado (relación aire combustible, calidad de la atomización, combustible frío, mala mezcla del aire con el combustible, refractario del anillo de adaptación al tubo del hogar mal diseñado, construido o en mal estado, agua en el combustible, arranques dificultosos por falta de potencia en la llama piloto o fallas de "chispero" auxiliar (aconsejable en F. Oíl que la llama piloto principal sea a gas de garrafa, el arranque es más seguro por la alta temperatura de la llama piloto y su luminosidad por el contenido de carbono, no es tan así con gas natural como llama piloto para el F. Oíl, no siendo problema si es para gas natural).

3-Si la temperatura de ha incrementado en varios meses, aún en años y no se ha inspeccionado anualmente la caldera para ver sus superficies interiores (y aunque se cepille los tubos del lado gases la temperatura no baja), es probable que haya una "capa de incrustaciones" que aislen (no aislan tanto como el hollín, porque su conductividad "mojada" es mucho más alta para el calor, pero ojo, es muy peligroso el recalentamiento de las superficies de transferencia y por lo tanto hay riesgo de fisurar los tubos o el hogar cilíndrico, hay que hacer una limpieza química adecuadamente por un profesional del tema (hay mucho riesgo de hacer mal la limpieza química, no limpiando bien o lo peor, estropeando el metal y esto no tienen "arreglo").

4-Si la temperatura de chimenea se incrementa a valores normales, tanto de a poco o como de "golpe" y la caldera se ha "cepillado" y no baja la temperatura, las superficies internas no están incrustadas, la posibilidad que queda es que se haya perforado un "baflle" (división en cámaras de humo entre pases de diferente temperaturas, lo que provoca un "by-pass" de los gases más calientes hacia la chimenea, lo que significa una pérdida por alta temperatura en los gases de chimenea, pero el peligro mayor reside que si la caldera es de 2 pases (un tubo de hogar y un pase de tubos, la chimenea está del lado de adelante de la caldera, no confundir con las de 4 pases) el gran riesgos en el "sobre-calentamiento" de la placa trasera en la zona de la cámara de vapor (placa que en esa zona no debería tener una temperatura de más de 28ºC sobre la temperatura del vapor que produce la caldera, mientras que bajo el nivel dell agua la placa puede llegar a tener unos 420ºC). Esta roturas de "baffles" (de tubos en calderas de 3 pases con capillas o de refractario, tanto en calderas de 2 pases o 3 pases en la caja de humos trasera) hay que reparar urgente, ya que se corren grandes riesgos hasta de "quemar" la placa.

El diseño de la caldera, hace que la temperatura de los gases de chimenea tengan un valor determinado. Si una caldera tiene mala transferencia térmica por el diseño, será una pérdida importante.



¿Oscilan los niveles visuales de mi caldera, cual puede ser la causa?

Hay varias causas, aunque la caldera esté bien "diseñada", una de ellas es el exceso de producción de vapor por encima del valor "nominal" máximo (que está a su vez "atado" a las condiciones químicas del agua de la caldera en ese momento, dentro de las causas por lo general es la falta de purga y los límites químicos máximos se han disparado por encima de su valor fijado).
Si oscilan los niveles, es casi seguro que la superificie del agua hay espumas y arrastres de agua en el vapor (que puede ser tan grande como un "priming", una masa de agua tan grande capas de generar un "golpe de ariete" que destruya la instalación de vapor, a la caldera le puede producir un corte por bajo nivel por la bajada de nivel de agua al descargar esta muy por encima de la capacidad de bombeo de las misma y porque cuando el nivel esta falsamente alto corta la alimentación a su valor mínimo o corta totalmente hasta que retoma por debajo de nivel normal, pero el nivel real del agua sigue bajando hasta un mínimo que

hasta puede cortar la combustión por "bajo nivel"). A veces la oscilación permanente excesiva se debe a la "mala conexión del nivel visual y automáticos a la cámara de agua (porque siempre habrá pequeñas oscilaciones que pueden ser "amplificadas" por esta mala instalación, como conectar la conexión inferior con una curva hacia arriba en vez de una "cruz" con la purga del tubo "repetidor de nivel" de agua, algo que nunca debe faltar junto con un tapón de limpieza en la "pata" de la cruz opuesta a la cámara de agua para hacer la limpieza mecánica manual y observar por el orificio que esté destapado y fundamentalmente que no tenga un junta mal cortada que haga una "restricción" a la conexión con el agua, porque junta barros que terminan tapando el caño (nunca intentar "restringir" la oscilación poniendo una "placa de orificio" para amortiguar la oscilación en la conexión a la cámara de agua, esto es un error o desconocimento de la "bomba de tiempo" que estan colocando, se puede tapar fácilmente con barros, aunque yo lo he visto hacer hasta en las propias fábricas de calderas como "gran idea" (por cortar las juntas el orificio interior con una medida menor al diámetro del tubo o cortado irregularme).
O la contaminación con elementos que causan cambios de tenso-actividad, como el exceso de soda libre (especialmente cuando se usa agua de pozo ablandada), o por lo general la chacinerías y algunas industrias de proceso con sustancias que provocan "espumas" actúan en el interior del agua, provocando mala circulación interna (grasas, aceites, jabones, etc.).
O la caldera se ha incrustado y esto afecta la buena circulación interna, provocando alteración de la masa de agua con evaporaciones locales más intensas (como un olla cuando hierve el agua y estamos haciendo un "puchero" con distintos elementos de forma y dimensión, habrá zonas de más ebullición que otras, lo que derrama el "caldo" fácilmente al subir el nivel localmente).
El uso de válvulas de aperturas "total" sobredimensionadas y operadas bruscamente (especialmente en procesos por "baches" como instalaciones de curtiembres, textiles, dulcerías, etc.). Las válvulas deben abrirse lentamente para que la circulación interna se establesca al nuevo parámetro de generación (es como cuando abrimos un bebida con gas en forma brusca, más si esta está "caliente", se provoca una vaporización en el seno de líquido que altera el nivel de agua y se derrama). Este error apareció más con las nuevas válvulas, y sigue siendo muy común cuando se instalan grandes válvulas esféricas de apertura total (que en un cuarto de vuelta se abre toda la válvula de golpe, es casi imposible abrir despacio, como son las válvulas de globo o esclusa cuya "rosca" obliga a abrir despacio).
O fallas en los quemadores que no distribuyen bien la combustión en tubo

del hogar y hacen concentraciones de combustión en ciertas áreas que provocan grandes evaporaciones, o la llama calienta colectores de barros que se "vacían" porque se llenan de vapor y de golpe se inundan de agua (los colectores bajos de las capillas traseras y de la cámara de combustión deben ser tapados con refractario para evitar que haya un exceso de vaporización en los mismos (esto no solo provoca oscilaciones de nivel, sino que los barros se van calcinando y el colector se terminará tapando su circulación, además de la corrosión por el exceso de temperatura del metal del lado exterior (máximo 420ºC en la superficie del lado gases) o la corrosión interior por alta temperatura y la interacción de las sales del agua de caldera.

Como se vé, este es un tema a tener muy en cuenta y corregir todas sus causas, incluso cuando hay un mal diseño, buscando corregir por medio de
"baffles" internos (algo que no es lo ideal, pero a veces es la única solución, con el agregado que bajar los límites químicos y el nominal máximo de vaporización ayuda a bajar las oscilaciones).



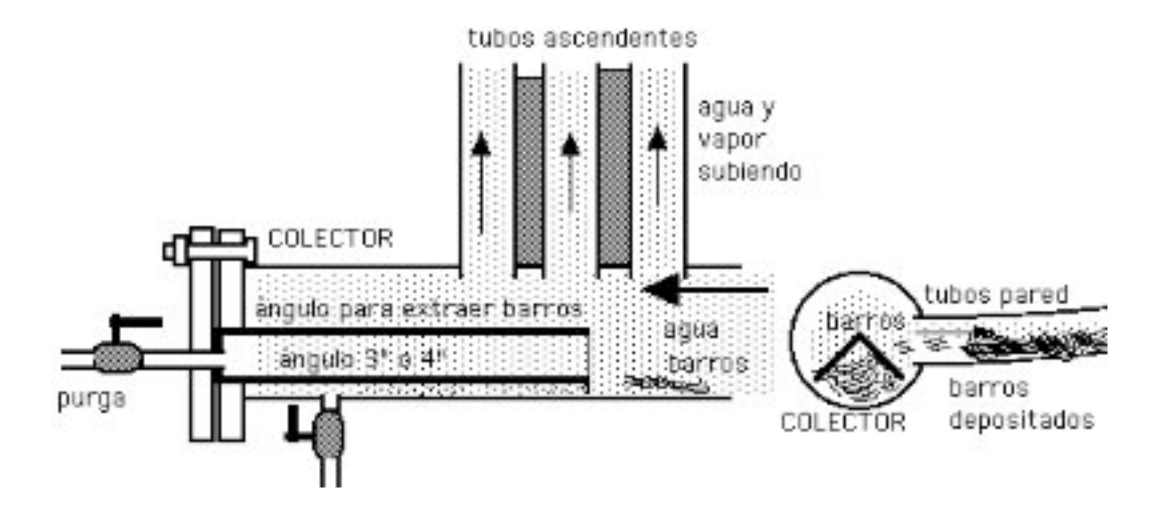
En la foto de la izquierda muestra la sección cortada por falla por alta temperatura, es evidente que falló la capacidad de enfriamiento del agua de circulación, posiblemente al formar vapor en dicha zona, por efectos de diseño, problemas con el agua (falta de purga, alto PH, contaminaciones de elementos orgánicos que cambian la tenso-actividad del agua) o po exceso de producción de vapor: por consumos picos de la planta, por pruebas de acumulación de válvulas de seguridad.

¿Porqué no puedo purgar de fondo una caldera de "media" y "alta" presión con la caldera en marcha?

Este es un tema que si no se tiene experiencia se podrán decir muchas teorías, desde la alteración de la circulación interna hasta el "perder" el nivel de la caldera.
Lo que yo pienso que el verdadero y preocupante tema es la posibilidad de un "golpe de ariete" con la posibilidad de "arrancar" el caño de purga, partir una válvula de
purga, corriendo en ambos casos poner en grave peligro al operador que opera la purga (que por lo general son muy especiales, generalmente a "pistón" de aceros especiales y nunca de fundición, por la fragilidad de la misma), y por supuesto el "vaciamiento" de la caldera, la expansión del agua sobrecalentada al "flashear" un gran % (según la temperatura), quemando a los operadores y exponiendo a corto-circuitos por puesta a tierra de las instalaciones eléctricas.
Por supuesto, la purga de un colector de barro tampoco debe ser operada, aquí no solo hay riesgo de "golpe de ariete", sino de alteración de la circulación interna por el bajo contenido de agua y la alta circulación, dejando algún tubo que se conecta con el colector sin suficiente refrigeración.
Por lo tanto, en estos casos de "media y alta presión" para purgar de "fondo" se debe bajar la presión a un valor admisible, pero las purgas de fondo deben ser utilizadas según los tiempos de marcha, los
problemas químicos de formación de barros (muchas veces por corrosión interna de la caldera, especialmente que se forman tanto con la caldera parada y luego se "desprenden" cuando marcha, más los óxidos y sales que precipitan que se han formado en marcha.
El control de límites, se logra perfectamente con la "purga contínua"
(que no es para sacar barros ya que si los saca es en muy baja proporción).
Operar la purga contínua no genera problemas de "golpe de ariete",
riesgos de rotura por estas causas, o alteración de la circulación
interna por efecto mecánico, es una gran ventaja saber bien sus utilizaciones combinadas con el tratamiento químico y la recuperación del calor es más fácil que las purgas de fondo.
En mi "andanzas" con las calderas he visto muchos accidentes con las purgas de fondo (tanto en "baja" presión como en "media" presión, en "alta" había muy pocas calderas, y ocurrieron desde "cabezas partidas" que hubo meses de CTI y hasta "quemaduras" muy importantes, o la muerte).
En las purgas de fondo, aún de "baja" presión, deben diseñarse con mucho criterio y conocimiento. En "baja" presión es muy común las conexiones

roscadas, que son realmente muy peligrosas porque la zona de rosca debilita el espesor del caño y con la casi inevitable corrosión, tanto en la rosca con en el afinamiento interno del caño (es un caño no protegido mayormente por el tratamiento químico ya que puede entrar "aire" al cerrar la purga o aguas "sucias" del foso de enfriamiento de las purgas, las roscas pasan a ser un lugar débil que se pueden cortar fácilmente por la propia dinámica de dilatación y contracción cada vez que purgamos (caño frío a caño caliente en fracciones de segundo, de allín la necesidad de contemplar la instalación para que el caño no haga grandes esfuerzos entre anclajes, poniendongrampas "fuertes" que el caño deslice pero que no quede "suelto" dado que se provoca una reacción muy fuerte, curvas en vez de codos, y si es posible todas la conexiones soldadas y las que hay que desarmar con platinas normalizadas, de la misma manera que las válvulas sean "especiales" o que superen ampliamente los valores de presión y temperatura, y por supuesto que permitan purgar los barros sin "atascamientos" o sea de pase "total" o sin cambio de dirección en lo posible, como grifos o válvulas esféricas o de pistón, las válvulas de globo no son adecuadas, se juntan barros que tienden tapar la misma y las de esclusas se rayan muy facilmente, todas las válvulas de acero al cromo para alta temperatura). Además siempre hay que contemplar la posición del operador respeto a la válvula en su momento de operación, de manera de no quedar expuesto si la misma se "parte" o "sopla" la empaquetadura o la posibilidad de poner una grifa a distancia para su operación sin estar expuesto, siempre abrir primero y cerrar por último la válvula contra el cuerpo de la caldera (es la válvula de "seguridad", que si se rompe la válvula "operativa" de purga, la más exterior, la caldera no se vacíe por la misma, además que se pueda desmontar esta última válvula más alejada o la que he llamado "operativa" de la purga o para repararla en caso que se rompa o los asientos estén muy dañado por la corrosión por erosión de pasar los barros en forma laminada en el primer momento de apertura y último momento de cierre. Y no olvidar que el "foso" de enfriamiento de las purgas deben tener generoso "venteo" para que el vapor de "flash" de la purga escape a la atmósfera sin levantar las tapas de la fosa, además de un buen volumen de agua y un generoso desagüe del agua purgada.

Conclusión, la operación de las purgas de fondo es una maniobra "delicada" y fundamental para extraer los barros, haciendo tantas veces como sea necesaria en cortos tiempos de apertura (que es más efectiva que una purga "larga" que termina sacando más agua sin extraer correctamente los barros).



¿Que me indica que tengo agua en el F. Oíl?

Si hay problemas de combustión, como inestabilidad de llama, formación de humos, dificultad en los arranques, etc, una de las causas puede ser la presencia de un exceso inadmisible de agua en el F. Oíl. Una llama de F. Oíl con una pequeña cantidad de agua emulsionada puede ser favorable por efecto "casi" catalizador" (aprox. 1% y hasta un más si se tiene un sistema de emulsificador de agua para F. Oíl, en este caso para mejorar la combustión, pero la emulsión debe ser muy buena y prácticamente sobre la atomización para evitar su separación. Recordar que el agua a la presión atmosférica hierve a los 100ºC transformándose en vapor, como el F. Oíl pesado se calienta hasta los 145ºC la presión del vapor que produce el agua es de 3 Kg/cm2 y pico, que se libera recién al atomizar en la cámara de combustión, ya que en los circuitos de F. Oíl y la lanza la presión del F. Oíl es muy superior.
Si el agua no está bien "emulsionada", va en forma de "bolsones" de agua que cuando la atomización se libera adentro de la cámara de combustión produce pequeñas "explosiones" o "chispas de luz", a más de pulsaciones en la atomización, indicando la presencia de agua no "emulsionada" y en % mayor al 1%.
Lo primero para comprobar si es agua en el F. Oíl lo que provoca esta serie de inconveniente, podemos hacer varias cosas. Hay una primera, es el chequeo de los tanques de servicio y depósito de F. Oíl el control de agua en la parte inferior que decanta siempre y cuando el F. Oíl tenga una densidad menos de 1 (igual o más pesado que el agua, cosa que ocurre con los F. Oíl de cracking, el agua no decanta ni aún calentando el F. Oíl

a la temperatura de bombeo (50ºC a 60ºC) y menos si el es aditivado con aditivios que mezclan el agua con el F. Oíl a propósito (cuando el agua no es mucha es bueno, pero cuando el agua pasa de más del 1% es un problema porque es un inconveniente su separación, aún mezclando el F. Oíl pesado o residual con F. Oíl de calefacción o de baja densidad y calentando). Se mete un sonda en el tanque de F. Oíl a chequear con un un tramo inferior con una "pasta" sensible al agua y no al F. Oíl, cambiando la coloración de la zona inferior en el tramo que hubiera agua (aunque lo mejor es disponer tanque bien diseñados con purgas bajas y con zonas de acumulación bien bajas para "atrapar" el agua, como una cuba o "cachimba", con purga por gravedad donde todos los días se saca una muestra para ver si decanta agua). Aunque es muy importante tomar una o dos muestras del combustible cuando lo bajan del camión al tanque y se dejan "sellados", como muestra testigo, en botellones tipo de "leche antiguo", que si hay agua con los días y esta es más pesada que el F. Oíl decantará, sino no veremos nada, siempre y cuando la densidad del F. Oíl "pesado" no sea 1 o lo supere.

En caso de no ver agua acumulada en los tanques, o pérdidas en los calentadores de vapor de condensado al combustible, y vemos el "chisporroteo" en la llama (y más brillante), tomamos una muestra de combustible en una recipiente de metal como un "plato" y con un hierro (varilla Ø1/2" o un soldador eléctrico para estaño que tenga buen diámetro) lo introducimos caliente (no demasiado, al primer color, unos , 300ºC a 400ºC, lentamente y vemos la reacción (cuidando que no se produzca combustión y así no nos quememos), si al introducir el metal caliente se producen en el seno del combustible pequeñas "explosiones" del agua que se evapora y escapa a la atmósfera, tenemos un exceso de agua que no decanta. O lo otro, un poco más sofisticado, en un tubo de ensayo de Ø20 mm de vidrio, con el F.Oíl por la mitad, lo sometemos a una llama de "bunsen" o cocina o soldador de plomero a gas, con llama baja, a un calentamiento en la parte inferior, y nos fijamos si en el seno del F. Oíl se producen pequeñas burbujas que ascienden, es agua evaporada que trata de escapar a la atmósfera (las "patronas" lo tienen claro cuando les entra agua en el aceite del sartén cuando están fritando y se cuidan de sus salpicaduras).

Si hay agua y no se puede separar por decantación (ni aún previo calentamiento de unos 80ºC y dejarlo enfriar en el tanque), lo otro que podemos hace es mezclar con un F. Oíl liviano y agitar, previocalentamiento a 60ºC a 80ºC, agitando con una bomba que circule o un caño con aire comprimido que "sople" en el seno bajo del F. Oíl, dejar enfriar "decantando" y sacando la parte inferior si decanta el agua, por no tener aditivos. Y cuando no se pueda, llamar al que suministra el

combustible que se hará cargo de extraer el combustible contaminado y lo devolverá a la petrolera, pero no siempre el culpable es el que suministra, el agua entra por serpentina de calentamiento de vapor que pierde vapor o condensado al combustible, o porque el tanque le entra agua del exterior por filtraciones y por esta mal el tanque de combustible (que deberá estar en una "caja" sellada de hormigón o tener doble pared de metal con saca muestra para detectar filtraciones de combustible o agua, según sea). Sugiero que vean "El Pequeño Manual del Foguista" donde describo como hacer un tanque de combustible pesado de depósito y otro de servicio sin riesgo de incendio o derrame en :

https://docs.google.com/open?id=0B6K-2X4hf-gKZjkzZDkwNTctOTE5My00ZjM1LTkzNjEtYWQ0ZjVlN2JlMDQw

, con todos los elementos que considero que debe tener un cada tipo de tanque. En los tanques de servicio he visto de todo, hasta poner el tanque de servicio sobre las calderas, en que un derrame produciría un incendio inevitable al derramar por rebose (una verdadera barbaridad).
Pongo unos PDF de mi autoría, para mostrar las distintas formas de atomizar el F. Oíl y la viscocidades de los combustibles líquidos versus sus temperaturas para distintas condiciones de operación y manipuleo.

De la operación:

¿En Semana de Turismo nos vamos de vacaciones y dejaremos la caldera parada, que debo hacer?

Si no van hacer mantenimiento interno, la caldera parada se deben tomar medidas de prevención de corrosión, tanto en la parte interna (fundamentalmente) como la parte de "humos".
El último turno que va a marchar la caldera o las calderas, luego de una rutina de purga, aumentamos el "secuestrador de oxígeno" (por lo general sulfito de sodio) arriba de 100 ppm como radical sulfito y el PH por encima de 11.5 con soda o ceniza de soda, por lo general) y al parar la caldera ya tenemos dispuesto en la descarga del grifo atmosférico un tanque de plástico de 100 - 200 Litros con una manguera o plastidúcto.
Cerrando el vapor con la caldera con presión, apagamos la combustión y si tenemos "apuro" descargamos la presión lentamente, sin que baje el nivel de agua, cuando no haya presión y la temperatura del agua de la calderas llegue a 100ºC inundar lentamente forzando manualmente la

bomba de alimentación o si se puede hacer por gravedad del tanque elevado de alimentación mejor (preveer de dejar el tanque de alimentación con el agua caliente a 100ºC y productos suficiente para eliminar el oxígeno y mantener el PH), ir inundando la caldera con el grifo atmosférico ya descargando adentro del tanque de 100 o 200 litros, que cuando se llene, dejamos de inundar, su nivel va a bajar al disminuir la temperatura del agua de la caldera y deberá quedar un "sello de agua" al dejar el caño de goma o plastiducto que llegue al fondo del tanque (cuidar que el caño al tanque no tenga filtraciones de aire), para evitar que entre aire al bajar el nivel del agua, solo compensará el agua que se contrae (re-introduciéndose por la manguera), si es necesario cuando la caldera esté fría reponer agua (ojo que puede haber pérdidas de agua de la caldera por las purgas, en este caso dejar las válvulas de alimentación abiertas (cerrando el atmosférico) si el tanque de alimentación esta correctamente instalado, no menos de 4-5 metros del nivel de la parte baja de la caldera o sea el nivel de piso la bomba de alimentación al la parte baja del tanque para evitar la cavitación con el agua de alimentación caliente que debemos mantener lo más cercana a los 100ºC para que se "desairee" por temperatura, además de quimicamente cuando la caldera marcha.
Del lado gases, hacer un cepillado de la caldera (tanto de biomasa o F. Oíl, en gas por lo general no es necesario), si es posible cerrar muy bien las entradas de aire o tapar la chimenea (con un bonete de lona), si la parada va a ser por largo tiempo es conveniente mantener una estufa eléctrica que mantenga el ambiente del lado gases por encima de la temperatura del ambiente para evitar la corrosión por condensación y los "restos" químicos de la combustión (en F. Oíl el azufre, en biomasa los ácido piroleñosos).

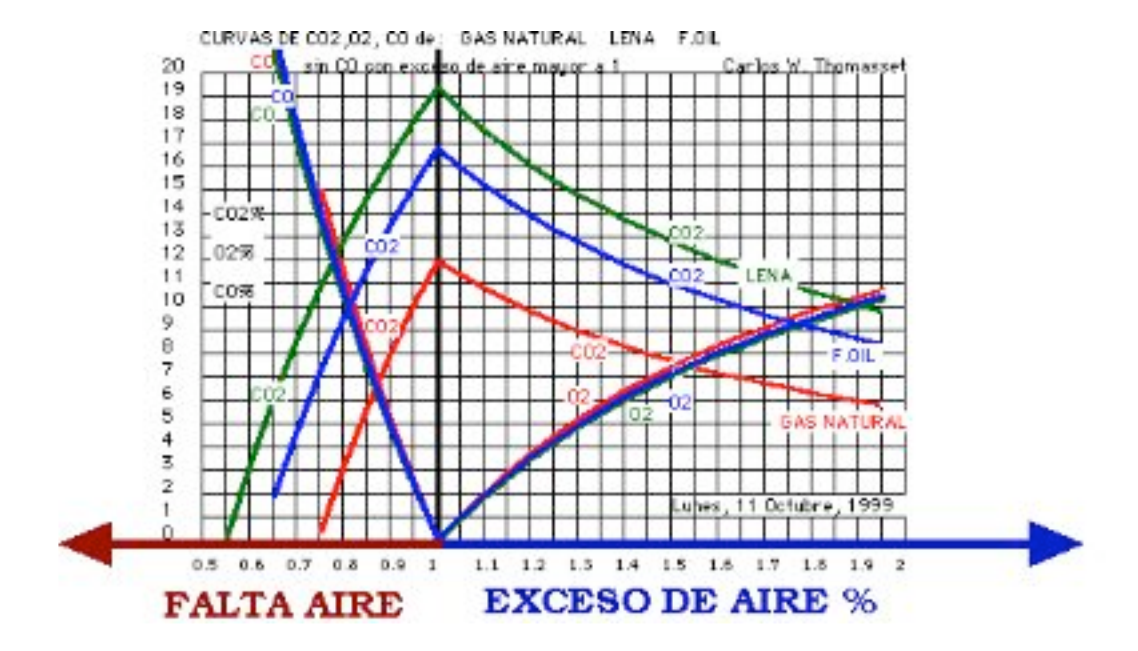
Estos cuidados son fundamentales para la vida de las calderas, he visto calderas que en pocos años la corrosión ha hecho daños irreparables, no es la pintura externa lo que conserva la caldera, es todo este trabajo de conservación.
Este tema lo encontrarán en "El Pequeño Manual del Foguista" de mi autoría.

¿Que instrumentos necesito para controlar la combustión según cada tipo de combustible?
Esta es una muy buena pregunta, ya que hay bastante confusión al respeto, ya que los gases productos de la combustión de los distintos combustible (líquidos, gaseosos y biomasa) tienen una composición bastante distinta, lo que no permite considerar en forma generalizada la "lectura" de la composición de los gases y el problema de interpretar su resultado.

Separemos:
1-Con combustible líquidos, nos referiremos especialmente al F. Oíl, para ajustar la combustión bastaría un medidor de O2% u CO2% que no sea afectado por la presencia de azufre y hollines, ya que la mayoría de los medidores de celda electroquímica portátiles o fijos pueden ser afectados. Es suficiente un medidor por "absorción" como los que miden el CO2% utilizando potasa cáustica (Fyrite, Monoxor, Orsat, etc., el Orsat es poco práctico su manejo en la caldera por le personal de operación) o un medidor de óxido de zirconio (que mide a muy alta temperatura el residual de O2% quemando las partículas o gases que puedan haber en los gases, mientras que los medidores por "absorción" miden el CO2% en "base seca" (hay Firytes que miden oxígeno directamente por "absorción" por una solución selectiva de O2, pero son complejos de usar por la filtraciones de aire que rodea el instrumento y agota las soluciones rápidamente). Para saber el exceso de aire, debemos de tener una tabla de O2% o CO2% versus exceso de aire para el combustible en particularn (que generalmente se trazan en "base seca"). En particular el F. Oíl (los combustibles líquidos) en general en las calderas de hogares fríos (con muy poco refractario) no producen CO (monóxido de carbono), si producen hollín y cuando hay mala combustión siempre hay hollín, cualquiera sea la causa (mala atomización, combustible frío, etc).
En una palabra, midiendo el O2% o CO2%, fijarnos en la las curvas versus exceso de aire si el exceso de aire es el correcto o recordemos que un buen valor de exceso de aire en F. Oíl es cuando dá: CO2% entre 12% y 14% o el O2% entre 3,5% y 6%, esto significa un "exceso de aire" entre 20% y el 30% en "base seca" (aunque hay quemador modernos de alta tecnología cuyo exceso de aire se puede bajar hasta el 5%), ahora esto no significa que tenga buena combustión, porque si mido el CO (monóxido de carbono) no es un dato relevante, ya que produce muy poco CO, sino que lo que más produce cuando hay mala combustión es hollín (humos negros, humos blancos si hubiera mucho exceso de aire más allá de un exceso medible, que en realidad son "gotitas" tipo niebla de combustible por eso su color que dá en los gases de chimenea, porque el exceso tan grande de aire enfría la combustión). Para saber si la combustión produce hollín, a ojo un podría mirar los gases a las salida de la chimenea y si son de color levemente "acaramelados" podemos decir que no hay formación de hollín, pero esto es un valor al más o menos, lo mejor es usar una "BOMBA DE HOLLIN" (generalmente la más utilizada son las BACHARACH, que con una bomba de succión manual se pasa por un papel filtro en un orificio de 1/4" una muestra de gas de 1,8 litros de gas y de acuerdo a la "mancha de hollín" que se forma se juzga con una tabla comparativa (aprobada por la ASTM) que dará un número creciente según

aumente el hollín, el 0 sería teoricamente nada de hollín, en el F. Oíl pesado es admisible que haya un mancha con en Nº 3 máximo y con el F. Oíl "liviano" el máximo admitido sería el Nº2, pero estos valores hay que relacionarlos al exceso de aire, cuanto más exceso de aire, el hollín se diluye en la masa extra de aire y dá un número menor, esto no significa una mejor combustión, por eso primero debemos ajustar el exceso de aire que pretendemos y luego medir con la bomba de hollín. O sea, con esta 2 medidas y la temperatura de los gases medida con un termómetro de chimenea hasta 500ºC, aunque se supone que dá mucho menos, podemos calcular la pérdida por gases de chimenea si hay buena combustión (o sea no considerando si hay mala combustión por la pérdida de combustible que ha formado hollín). El F.Oíl con su alto contenido de azufre y hollines en general complica las celdas electroquímicas, no solo por corrosión, sino por depósito, decimos que "envenena" las celdas.
Pondré un PDF con las curvas en "base seca"con el agua de la humedad y la formada por la combustión del hidrógeno como condensados en la muestra en las medida de "base húmeda ".
2-En el caso del gas natural (y gases de garrafas), ya la BOMA DE HOLLIN no tienen sentido usarla, no nos dice nada si hay mala combustión, para saber si hay mala combustión debemos de medir el CO (monóxido de carbono). Las celdas electroquímicas de medición (medida base casi seca seca, queda la humedad que permite la baja temperatura, y el gas produce mucha agua, H2O que se condensa al tomar y enfriar la muestra), las medidas con óxido de zirconio del O2 (medida "base húmedad" que se aleja de las medidas en "base seca" o celdas electroquímicas ambientes que se asemejan a las medidas en "base seca"), y los los medidores de absorción, se pueden usar sin temor a que se "ensucien o envenenen" facilmente ya que no hay hollín y azufre, pero ojo, puede haber muy mala combustión y producirse ácidos piroleñosos muy corrosivos. Los humos de chimenea no dicen nada, no hay hollín, salvo si hay "falta de aire", es decir el exceso de aire necesario para asegurarse la combustión total es nulo o negativo y hay partes de la llama que no se encuentra con el oxígeno suficiente para lograr su combustión total. En una palabra, midiendo el O2% (o el CO2% por absorción), el CO (monóxido de carbono que debe ser menos de 400 ppm con el exceso de aire correcto, porque si el exceso de aire es mayor, el valor se "diluye"). Los valores de exceso de aire son muchos menos que los correspondientes al F.Oíl, el exceso es correcto entre entre 2% y 4,5 de O2% (en caso que midamos por medio absorción el CO2% el valor es entre 11% y 9,5%), estamos hablando de gas natural, donde el exceso estamos tomando entre 8% y el 23%. Recordemos que la medición por "absorción" dan los valores % de "gases secos", es decir el vapor de agua de la humedad del

combustible y el producido por la combustión del hidrógeno se suponenque han condensado al medirlos (que en gases es muy alto), en las celdas electroquímicas se mide en base húmedad al valor que tiene en la cámara de medición que antes condensan buena parte del agua, mientras que las celdas de zirconio por alta temperatura dá el O% realmente sobrante si la combustión fuera total, porque la alta temperatura hace reaccionar el O_2 con los gases no quemados de la combustión (esto es un poco más complejo de explicar en tan poco espacio).
3-En el caso de la biomasa (se parece mucho los gases, y hay mucho problema para poder medir por los gases tan contaminados por "gases sin quemar" que ensucian las celdas fácilmente (los ácidos piroleñosos y alquitranes), por lo que ideal es medir con celdas de zirconio el O_2 y los gases no quemados por medio del métodos de inducción, ambos trabajan muy alta temperatura lo que hace que se contaminen o ensucien muy poco con los gases no quemados y alquitranes. Pero en leña la solo medida del O_2% o el CO_2% es totalmente insuficiente, hay que medir el CO o los gases no quemados, es la única manera de juzgar la calidad de la combustión. Mientras que el CO_2% en "base seca" lo podemos tomar 14% y 16% (si pretendemos que sea el exceso de aire menor corremos riesgo más altos de tener mala combustión, la combustión de biomasa es más compleja de lo que parece. El O_2% deberá estar entre 3.5% y 6%. Con estos valores tendremos un exceso de aire entre el 30% y el 50%. Ahora falta saber si la combustión es buena, mirando los humos no tenemos nada claro, ya que la biomasa por lo general produce humos a valores de muy mala combustión (con pérdidas superiores de 30% de gases no quemados), el control de la buena combustión es la medida del CO (monóxido de carbono) o "gases no quemados" por inducción o por "absorción" el CO con un ORSAT (que nos dá los 3 valores, CO_2%, O_2% y CO%, aunque no es muy preciso en valores bajos de CO). Las celdas electroquímicas no son muy aconsejables por su envenenamiento de los productos "mal quemados" de la biomasa (piroleñosos, alquitranes, etc.) y la medida en base húmeda (como las celdas de zirconio a alta temperatura dan valores que dependen de la humedad tan variable de la biomasa).



¿Que puedo hacer para encontrar un indicador de Dureza para controlar el agua del ablandador de agua, ya que casi todos se me descomponen en poco tiempo y se me generan dudas si el agua está realmente blanda?

Bueno, este es un tema realmente que preocupa a los operadores de calderas, ya que se le complica la operación correcta del ablandador de agua (intercambiador en ciclo sódico de resinas de intercambio).
Históricamente era una tarea complicada, ya que se controlaba la dureza con un Jabón de Almendras, que se calibraba a un valor y que la muestra se ponía en una botella y gota a gota, agitando entre gotas, se formaba espuma cuando la dureza ya no era atrapada por el jabón o mejor dicho el agua estaba ablandada, esto no era muy seguro y complicado, en el caso de que el agua del ablandador estaba "blanda" la espuma se formaba a las primeras "gotas" y en caso que estuviera "dura" la espuma se formaba agregando más gotas, era tedioso hacerlo.
Luego apareció el Negro de Ericromo T, que se utilizaba con una solución de amoníaco que se ponía antes de analizar para alcalinizar la muestra de agua, claro que este sistema solo dá si el agua estás blanda o dura, no la mide, que es lo que se pretende para controlar una ablandador de agua (si dá "dura" el color es "borra de vino" y si dá "blanda" el color es "azul transparente". Después trataron de hacer que el Negro de Ericromo T integrara una solución todo en uno (pero lo que lograron se

descomponía en poco tiempo).
Como yo, también, me dedicaba a fabricar y diseñar ablandadores de agua (hice como 400, casi todos en acero inoxidable 316L, única aleación sin problema con el ión cloruro, hasta 1.200 litros de resina, aunque más grandes llegué hacer de hierro con pintura epóxi o pintura para piscina (Caucho clorado), pero mis ablandadores todos tienen doble filtro de seguridad, tanto arriba como abajo (entrada y salida) con filtros de acero inoxidable de chapa calada, no perforada, esto dá la seguridad que la resina no se pierde en ninguna de las operaciones y que por más errores que cometa el operador no se pierda la resina.
Esta cantidad de ablandadores me generó un compromiso de generar un "INDICADOR DE DUREZA" que soportara el tiempo y no se pusiera viejo (claro, no debemos dejarlo contaminar con agua que no sea desmineralizada, porque así se puede descomponer, logré uno que dura más de 2 años o más sin problemas, de fácil utilización, muy claro de interpretar que no genera dudas si hay o nó dureza.
El Negro de Ericromo T cambia de color cuando tiene presencia de iones de magnesio (que por lo general todas las aguas naturales, de superficie y pozos en un 100% lo tienen como parte de su dureza, en más o menos un 15%-30% frente al calcio que representa por lo general el resto (y algo el hierro), que si el agua no tuviera iones de magnesio hay que agregarle como sulfato de magnesio al reactivo, ya que si contiene solo calcio no cambia la coloración.
El Negro de Ericromo T como reactivo puro es relativamente caro, pero se puede conseguir una calidad técnica para uso industrial (teñidos en la industria textil) muy barato comparativamente.
El vehículo en que se puede poner o disolver el Negro de Eriocromo T y que además alcaliniza por lo general suficientemente el agua a medir (ya que el Negro de Eriocromo T reacciona con el magnesio a un PH de aprox. PH10) es la Trietolamina (una amina, contiene amoníaco, muy espesa que tiene multiples uso tanto industrial, como en productos de higiene y otros. O sea, es muy barata comparativamente a lo que vamos a usar.
Tomamos 1/2 litro de Trietanolamina en un frasco de un litro, para poder sacudir o revolver, le ponemos un cucharada de postre mediana de Negro de Ericromo T (sea puro para análisis o industrial, es muy liviano, en gramos es una pequeña cantidad), lo ponemos en el frasco con la Trietolamina y con una paleta de vidrio o cuchara de inoxidable, lo revolvemos muy bien. Le agregamos una pisca de Cloruro de Amoníaco (una cucharita pequeña como estabilizador del PH, que luego de dejarlo parte quedará precipitado en el fondo del frasco), la revolvemos bien. Esta solución la dejamos asentar unos cuantos días y luego la ponemos en una botella de vidrio oscuro con un embudo de plástico y ya tenemos el

reactivo de dureza listo para usar. Lo subdividimos en frascos de plástico con gotero de cierre hermético (que no deje introducir aguas en su interior por contaminación, ya que se descompone la solución y queda fuera de uso posible.
Una gota de reactivo en una muestra sacada del agua supuestamente ablandada (cuando el ablandador se ha purgado suficiente en tiempo y cantidad) con un vaso de vidrio o plástico transparente, bien enjuagado, se dejan máximo unos 50 cm3 o menos, se pone una gota del reactivo de Dureza (solo es indicador), si está blanda dá Azul transparente, si dá dura dá color "Borra de Vino". Si queremos medir contaminados en el condensado, a veces, si no hay presencia de magnesio no sirve como indicador, hay que usar un método más sensible y más alcalinizante (usando amoníaco previamente para elevar el PH).
Para medir la dureza, hay que preparar otra solución con EDTA (un secuestrante de dureza de calcio y magnesio), calibrada a a determinada concentración, que en una determinada cantidad de muestra una cantidad de esta solución de EDTA, se multiplica en consumo de esta última por un factor que dá la dureza, previo de haber puesto el Reactivo Indicador de Dureza antes del EDTA gota a gota sacuendo o revolviendo. Aquí conviene poner al EDTA la presencia de Magnesio, y usar el Negro de Ericromo T en Polvo con cloruro de amonio en sufiente cantidad como regulador del PH, previo poner unas gotas de amoníaco en el agua a medir (cuidando que el amoníaco no introduzca dureza, o sea el agua que disuelve al amoníaco debe ser hecha con agua desmineraliza de buena calidad).
Tal es así la presencia de magnesio en las aguas para reaccionar con el Negro de Ericromo T, que cuando medimos la dureza por calcio, luego de precipitar el magnesio con Hidróxido de potasio, debemos utilizar otro indicador.

¿En Semana de Turismo nos vamos de vacaciones y dejaremos la calderaparada, que debo hacer?

Si no van hacer mantenimiento interno, la caldera parada se deben tomar medidas de prevención de corrosión, tanto en la parte interna (fundamentalmente) como la parte de "humos".
El último turno que va a marchar la caldera o las calderas, luego de una rutina de purga, aumentamos el "secuestrador de oxígeno" (por lo general sulfito de sodio) arriba de 100 ppm como radical sulfito y el PH por encima de 11.5 con soda o ceniza de soda, por lo general) y al parar lacaldera ya tenemos dispuesto en la descarga del grifo atmosférico un tanque de

plástico de 100 - 200 Litros con una manguera o plastidúcto.
Cerrando el vapor con la caldera con presión, apagamos la combustión y si tenemos "apuro" descargamos la presión lentamente, sin que baje el nivel de agua, cuando no haya presión y la temperatura del agua de la calderas llegue a 100ºC inundar lentamente forzando manualmente la bombade alimentación o si se puede hacer por gravedad del tanque elevado dealimentación mejor (preveer de dejar el tanque de alimentación con el agua caliente a 100ºC y productos suficiente para eliminar el oxígeno y mantener el PH), ir inundando la caldera con el grifo atmosférico yadescargando adentro del tanque de 100 o 200 litros, que cuando se llene, dejamos de inundar, su nivel va a bajar al disminuir la temperatura del agua de la caldera y deberá quedar un "sello de agua" al dejar el caño de goma o plastiducto que llegue al fondo del tanque (cuidar que el caño al tanque no tenga filtraciones de aire), para evitar que entre aire albajar el nivel del agua, solo compensará el agua que se contrae (re-introduciéndose por la manguera), si es necesario cuando la caldera esté fría reponer agua (ojo que puede haber pérdidas de agua de la caldera por las purgas, en este caso dejar las válvulas de alimentación abiertas (cerrando el atmosférico) si el tanque de alimentación esta correctamente instalado, no menos de 4-5 metros del nivel de la partebaja de la caldera o sea el nivel de piso la bomba de alimentación al la parte baja del tanque para evitar la cavitación con el agua de alimentación caliente que debemos mantener lo más cercana a los 100ºCpara que se "desairee" por temperatura, además de quimicamente cuando la caldera marcha.
Del lado gases, hacer un cepillado de la caldera (tanto de biomasa o F.Oíl, en gas por lo general no es necesario), si es posible cerrar muybien las entradas de aire o tapar la chimenea (con un bonete de lona),
si la parada va a ser por largo tiempo es conveniente mantener una estufa eléctrica que mantenga el ambiente del lado gases por encima de la temperatura del ambiente para evitar la corrosión por condensación y los "restos" químicos de la combustión (en F. Oíl el azufre, en biomasa los ácido piroleñosos).

Estos cuidados son fundamentales para la vida de las calderas, he visto calderas que en pocos años la corrosión ha hecho daños irreparables, no es la pintura externa lo que conserva la caldera, es todo este trabajo de conservación.
Este tema lo encontrarán en "El Pequeño Manual del Foguista" de mi autoría.

Por supuesto que hay una serie de factores que llevan a la fractura del metal de la caldera o a la corrosión que termina provocando fracturas.
Las fatigas son el productos de eventos repetitivos que se generan y estresan el material en forma alternativa que llevan a la "fractura", como el caso de la dilatación térmica, que en una caldera es todo tema que hay que contemplar muy seriamente. El hierro de por sí tiene un "coeficiente de dilatación" lineal, como casi todos los materiales pero de distinta dimensión en cada caso, que lleva a la dilatación en todas las dimensiones (dilatación y contracción entre determinado límites que el material vuelve a su dimensión inicial, una dilatación más allá de este límite el material se deforma, pero el problema es la "fatiga" que lleva al cristal del grano a fracturar por ese "trabajo alternativo" (quién no ha cortado un alambre o trozo de metal como una planchuela, torciendo reteiradamente hasta que este "parte" o se "corta").
El coeficiente de dilatación del hierro es por cada 1ºC que aumenta y por 1 mm. de 0,000 012 mm. (milímitro), que si calculamos que 1 metro que es igual a 1.000 mm. y lo calentamos 100ºC nos dará un alargamiento de =0,000 012 x 1.000 x 100 = 1,2 mm.
Pero todo sabemos que la temperatura mínima de las calderas de vapor están por encima de los 100ºC (temperatura en que recién el vapor del agua vence con su presión a la atmósfera), una caldera a 10 Kg/cm2 tiene una temperatura de vapor saturado-agua de 183ºC y todas por lo general su largo total supera en general los 3 metros, lo que significa que la dilatación lineal del cuerpo de la caldera en la envuelta a 183ºC será no menos de 1,2 mm x 183ºC /100ºC x 3 m. = 6,5 mm., pero hay que considerar que esta es la dilatación de la envuelta, la que dilata menos que los tubos y mucho menos que el tubo del hogar (cuya llama en el interior tiene una temperatura a veces superior a 1.200ºC del lado del fuego y del lado del agua un poco más que los 183ºC que tiene el vapor-agua saturado, lo que hace difícil evaluar verdaderamente su dilatación real, pero es mucho más que la dilatación de la envuelta (que sostiene ambas placas a su distancia firmemente, junto con los stays, pero que si bien los tubos y el tubo del hogar también sostienen las placas, también esta mayor temperatura de los tubos y del hogar hace que dilaten más que la envuelta y estos terminen empujando las placas en contra el esfuerzo de la envuelta de sostener la placa. Por eso la conveniencia que los tubos de hogar a partir de ciertas dimensiones tengan elementos que "absorban" esta diferencia de dilatación (que son las "cuarrugas" dispuestas para esto especialmente o que todo el tubo del hogar sea "cuarrugado" lo que también ayuda a sostener la presión de la caldera que no "aplaste el hogar"). De allí la importancia de la

"circulación interna" del agua de la caldera sea adecuada ya que es la encargada de mantener refrigeradas las superficies de transferencias y cuando esta "circulación interna" falla por varias razones, como PH, exceso de combustión, contaminantes como aceites y grasas, falta de purga, incrustaciones y barros, etc., el recalentamiento de los tubos y especialmente del tubo del hogar no pueden "absorber" ese exceso de calor y la dilatación en exceso lleva al aflojamiento de los tubos o la fisura del tubo del hogar, de una vez o en forma alternativa como una "fatiga" si esta falta de enfriamento es alternativa y de menor cuantía. Hay que considerar que la potencia de combustión está variando continuamente y con ello las temperaturas, lo que lleva a que la caldera es un "recipiente de presión" en condiciones dinámicas de dilatación y contracción en forma contínua, lo que lleva a un "fatiga" que debemos de tener presente y que esta está sometida no solo a estos efectos, sino a los efectos químicos del lado del "fuego" y del "lado del agua", por lo que hay que mirar la caldera con mucho más cuidado que un "tacho con fuego", es una "bomba de tiempo" si no es diseñada, instalada, operada y mantenida adecuadamente.
Esto lleva a contemplar la necesidad que las calderas están montadas sobre "patines" o bases de hormigón que tengan la posibilidad que en un extremo las "patas" sostén tengan una dilatación adecuada de varios milímetros (que incluso hay que hacerles mantenimiento y engrasarlas cada año para que no se "tranquen").
Hay calderas que se han instalado sin poner las dilataciones de las "patas" de un extremo y hasta han doblado los tubos de los pases de tubos en forma muy notoria (ver PDF).
Lo otro a considerar son los problemas producidos por las "corrientes vagabundas" (corrientes eléctricas inducidas), a las corrientes gavánicas por condiciones disimiles entre los metales y los metales mismos, que pueden llevar a corrosiones con fisuras o debilitamiento, incluso se producen con la caldera parada, que antes se ponía panes de zinc, pero después se dieron cuenta que arriba de los 60ºC se invierte y no protege, por lo que se empezó a usar panes o varillas de magenesio, pero por lo general ahora no se pone nada (a veces he oído cosas como esta: esta "caja de alimentación" se corroe, la voy hacer con acero inoxidable. En este caso se saca una "bomba" y se pone otra "bomba", ya que el acero inoxidable es electropositivo respeto al hierro y lo corroe por corrientes galvánicas). Otras corrientes a consideras son las fugas a tierra, de motores, tableros, sensores, etc. por eso la caldera debe tener buenas puestas a tierras para descargar las corrientes de pérdida y evitar la corrosión por esta causa (incluso las corrientes inducidas por instalaciones vecinas a la caldera que no están a tierra

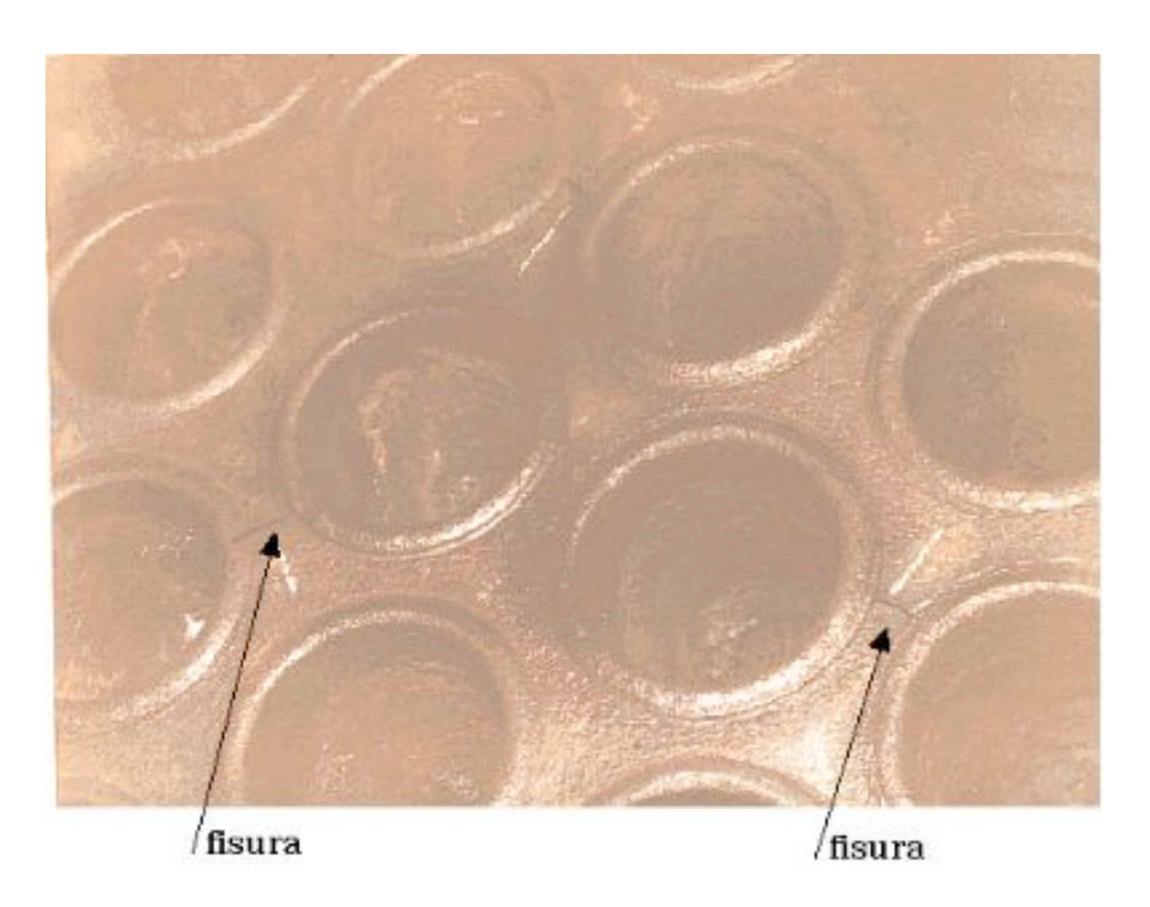
adecuadamente).
O la tan simple corrosión exterior, que es capas de cortar en poco meses roscas o tapillas si hay pérdidas de agua o vapor y estas se mantienen húmedas debajo de la aislación.
La dilatación de las cañerías que unen la caldera con la cañería de distribución de vapor al colector, deben tener descargas de la dilatación por medio de generosas curvas o "juntas de dilatación", porque el esfuerzo de la cañeria sobre la válvula de cuello de salida de vapor se puede partir y este es un accidente bastante grave. Lo mismo con las descargas de las válvulas de seguridad y de purga, no deben hacer con sus dilataciones casi expontáneas esfuerzos que pueden partir las válvulas que están siendo operadas (deben sujetarse en forma firme pero que puedan dilatar y absorber los grandes esfuerzos y no descarguen estos sobre las válvulas, porque si se parte una válvula que esta siendo operada o la cañería asociada, es un accidente muy grave (hay que ver que de la temperatura ambiente suben a más de 100ºC en un instante (no mucho más de 100ºC porque se enfría el vapor saturado por la expansión, pero igual hay un sobrecalentamiento sobre los 100ºC que la dilatación es muy brusca y su esfuerza es tremenda).
Veremos más en próximas preguntas, no es que vea a las calderas como únicas, pero si son de cuidado.

¿Que comentarios puede hacer sobre las "fragilidades" posibles en las calderas de vapor, como ha comentado sobre la "fragilidad cáustica"?

Las fragilidades son "fisuras" o "microfisuras" que se pueden provocar en el metal (en nuestro caso hierro y sus aleacciones), que pueden ser "intergranulares" (entre los granos del metal) o "transgranulares" (que es provocada por la rotura del grano del metal), no estoy dando un clase de metalografía, solo describiendo en forma general como se presentan estas fisuras.
La "fragilidad cáustica", es de la que más se ha hablado, porque en todo el largo período que se construyeron calderas "remachadas" el corte de los remaches (especialmente de las envueltas) provocada por la acumulación de soda entre la chapa del remache por pequeñas pérdidas de agua y los malos tratamientos químicos o falta de los mismo, al secarse el agua de caldera concentra las sales (y la soda que la integra) lo que provoca la "fragilidad cáustica" o sea el corte del remache y termina provocanco una "explosión" realmente dantesca que mato cientos o miles de operadores de calderas (fogoneros de las calderas de vapor antiguas humo-tubulares, tan importantes como las que tenía el Titanic, donde

una explosión de una caldera podría provocar la destrucción casi del barco).
Por supuesto, no solo tiene que haber concentración de soda entre la chapa remachada, sino la tensión del remache que es muy grande se necesita para provocar la falla (a veces los remaches no parecen perder, porque la pérdidas se evapora muy lentamente y son prácticamente invisibles al ojo humano, por eso las pruebas del martillo o maza con la caldera con presión hidráulica en la cabeza del remache para provocar su separación si ya está cortado (y cambiar un remache es una tarea artesanal de muy alta experiencia).
La "fragilidad" provocada en las calderas soldadas que no se han "recocido" y "normalizado" el metal luego de su construcción y dependiento del tipo de aleacción en partes especiales los procedimentos de temperatura de las soldaduras. Por eso, cuando compramos una caldera debemos de preguntar los procedimientos de "recocido y normalizado" a que será sometida el cuerpo humo-tubular y los domos de la caldera que compraremos. De lo contrario estaremos expuestos que en el uso de la caldera, las tensiones generadas por las soldaduras terminarán provocando fisuras que pueden desatar una pérdida o una rotura muy peligrosa de la misma. Por supuesto cuanto más alta es la aleacción, mayor será el cuidado del procedimiento de soldadura y tratamientos térmicos a que debe ser sometido el material.
Luego tenemos la posibilidad de la "fragilidad ácida", que ocurre por una limpieza química mal hecha o por un tramiento químico con PH muy bajos. Durante una limpieza química de 3 etapas (alcalina, ácida y neutralizada más pasivado) se pueden dar en la primera etapa con la alta soda que se puede llegar a usar provocar "fragilidades cáusticas" por lo que hay que poner algún elemento neutralizando a este efecto, durante el procedimiento ácido se pueden dar "fragilidades ácidas" del hidrógeno del ácido que se puede introducir el grano del metal por lo que hay que inhibir la acción del ácido sobre el metal con un inhibidor adecuado al tipo de ácido y metal (hay zona de las calderas de acero especiales que no se puede usar cualquier ácido como el caso de los sobrecalentadores), y luego en la etapa final de neutralización se debe hacer una "pasivado" de las superficies del metal para "sellar" la posibilidad de fragilidades o ataques por el oxígeno en la primera etapa de uso (recordar que la caldera se oxida deliberadamente con óxido magnético que luego la protegerá en su etapa de uso y conservación por elementos químicos, el metal "desnudo" tiende a disolverse en el agua de la caldera, por eso mantenemos un PH entre PH 10,5 a PH 11,5, porque un PH muy bajo disuelve la capa de óxido magnético (color de chocolate de taza) o un PH más de 12 disuelve al óxido magnético que protege al metal.

Cuando tenemos cobre, como en los condensadores y otros equipos, tenemos una "fragilidad" que se llama "season cracking", una fisura del cobre o bronce provocado por el amoníaco (este amoníaco puede proceder por la introducción de amoníaco en el tratamiento o aminas, por lo cual hay que evaluar cuidadosamente su uso, por por el uso de agua de río cargadas de materias orgánicas que se descomponen adentro de los intercambiadores de bronce y tienen zonas de vacío en la parte superior (hay que evitar que atrape aire en la parte superior poniendo purgadores automáticos de aire para que salga el aire y los gases de descomposición de la materia orgánica, conozco el tema y lo he investigado y vivido en carne propia con el agua del Río Uruguay en condensadores de turbinas). Se llama "season cracking" por haber sido descubierto en las selvas de Africa cuando a los soldados se les rajaban las vainas de las balas en las temporadas calurosas y de lluvia, y se dieron cuenta que era el amoníaco de la descomposición de la materia orgánica en descomposición tan abundante en determinada estación del año, muchas veces el cartucho reventaba adentro de la recámara y accidentaba al soldado que lo usaba.
Las fisuras ácidas fueron realmente muy importantes y peligrosas, si el hierro es un acero de alto contenido de carbono no debe jamás limpiarse con ácido sin un inhibidor especial y luego neutralizarlo y pasivarlo my bien (el trabajo más interesante de este fenómeno se dió en los aviones de guerra cuando se produjeron en serie en la primera guerra mundial, se les partían los ejes de la ruedas de aterrizaje en el momento de aterrizar y llegaron a la conclusión que el problema eran los tratamientos con ácido para eliminar los óxidos de los ejes en el momento de montarlos.
A mí, un poco por broma, le conté a mi señora de este fenómo, no me creyo, le limpié la cuchilla de acero de cortar la carne con ácido clorhídrico, era de un acero de alto carbono, no pasaron ni una semana que la cuchilla se partió contra el mango cuando mi señora golpeo la cuchilla para cortar un trozo de carne apoyada contra la tabla, tarea que había hecho mil veces y no pasaba nada, tube que pagar una cuchilla nueva (pero quedó claro que el ácido y las altas aleacciones de hierro no se llevan bien).
Bueno, en "corrosión" hay temas que hasta el día de hoy están en discusión, pero hay que aplicar lo que dice la experiencia vivida y sus resultados.



¿Puede comentar sobre las corrosiones en el metal (hierro) de las calderas en forma de indicar los efectos y orden de importancia?

Esta es una pregunta permanente, y hay mucha confusión al respeto, ya que el tema de corrosión es muy complejo y puede llevar años ver su efecto o en forma inmediata si es muy grave (por los síntomas que presenta la caldera, como color del agua (colores rojisos, oscilación de niveles, por los análisis del agua que dá los valores de PH, soda libre, etc. pero hay muchos valores que no se analizan o no son claros su presencia).
Las corrosiones podrán ser localizadas (como el "pitting", etc. o generalizadas como los bajos PH o excesos de soda libre, etc.)
1-Si bien la presencia de oxígeno del agua en la caldera es lo que más aflige (por sus efectos tan notorio en el ataque por "pitting" (picadura en los tubos de intercambio fundamentalmente), hay que considerar que esta corrosión solo es posible si el agua de caldera está por debajo de los 100ºC (ya que el oxígeno "disuelto" en el agua es

inversamente proporcional a la temperatura, si calentamos el agua de alimentación a 100ºC prácticamente el agua estará "des-areada" (casi sin oxígeno, de todas maneras hay que "secuestrar" el oxígeno residual que entra a la caldera (oxígeno que en poco tiempo por la alta temperatura del agua de caldera, se vá inmediatamente con el vapor y ataca a las zonas donde se "estanca" el condensado). Por eso solo podemos decir que la caldera es atacada por "oxígeno" es cuando está parada y el agua en su interior por debajo de los 100ºC, o si alimentamos con agua fría que está saturada de "oxígeno" se ataca la "flauta" o "caja de alimentación" o inmediaciones donde el agua fría impacta sobre el metal.
Solución: calentar el agua de alimentación a casi 100ºC en el tanque de alimentación (o si se tiene "des-areador" presurizado a más temperatura), más la introducción de un "secuestrante de oxígeno" (como el sulfito de sodio, el bisulfito de sodio no lo aconsejo, pero el sulfito de sodio debe ser de primera calidad ya que las "materias extrañas" lo pueden volver corrosivos por descomposición, o aún el uso de "catalizadores" mal utilizados, en cantidad, calidad, y manejo, pueden provocar corrosión, en lo posible empezar la reacción en el tanque de alimentación para evitar que el oxígeno entre a la caldera y se vaya al sistema de vapor donde provocará corrosiones aceleradas en compañía del CO_2 (anhídrido carbónico de la descomposición de los bicarbonatos que forman la dureza temporaria del agua más el bicarbonatode sodio natural o agregado que trae el agua ablandada, que al disolverse el CO_2 baja el PH o sea es un ácido débil, que sin la presencia de oxígeno no ataca tanto al metal.
Siempre reforzando estos "secuestradores de oxígeno" frente a paradas en que la caldera se enfría, además de inundarla y poner un "sello hidráulico" que mantenga la caldera inundada y absorba las dilataciones y contracciones y las pérdidas de las purgas, rellenando el tanque que se mantiene por la mitad, para absorber las dilataciones y contracciones por temperatura ambiente.
Pero recordar que solo ataca en baja temperatura (debajo de los 100ºC).
2-Pero la peor corrosión es la del cloro (producto de clorar las aguas en los tratamientos de potabilización (especialmente en los frigoríficos, lecherías, fábricas de chacinados, etc.,. donde la reglamentación obliga a clorar a valores altos.
El cloro es muchísimo más corrosivo para el hierro que el propio oxígeno, porque corroe en frío _y en caliente_ (o se cualquiera sea la temperatura del agua habrá corrosión, y la caldera será atacada tanto en marcha como parada). Por ser aún oxidante como el oxígeno, su eliminación se puede controlar o eliminar con productos como el sulfito de sodio antes de entrar en la caldera (tanque de alimentación), pero

esto no es un método seguro, conviene eliminar el cloro antes de llegar a la caldera y esto se hace por absorción con filtros de "carbón activado" (el carbón activado va acumulando el cloro en sus poros micro-métricos por la gran superficie que tiene internamente en los micro poros, pero llega un momento que el carbón se "agota" su capacidad de "absorción" del cloro y hay que cambiarlo por un carbón activado "fresco" (y que esté en condiciones). Hoy en día los filtros de carbón activados son de un costo relativamente bajos, y su operación se basa en controlar la salida del agua para ver si hay pérdidas de cloro, haciendo frecuentes contralavados para sacar los "barros asentados" que trae el agua (ya que actúa como un "filtro", aunque no es su función), ya que estos pueden afectar el pasaje de agua y el comportamiento del filtro y además conviene desinfectar el carbón con contralavados con vapor de baja presión, que no solo desinfecta sino que regenera muy parcialmente al carbón, pero esto no se puede hacer con los filtros de fibra, solo con los de acero inoxidable diseñado para esto, yo lo he hecho en muchas ocasiones). Poner un filtro de carbón activado y no cambiar el carbón en los tiempos debido no es un buen negocio, ya que si entra cloro en la caldera y no hay suficiente sulfito de sodio, su ataque a los tubos de intercambio y a otras partes es inmediata y fatal. Las plantas que calientan agua de piscinas cargadas de cloro, se deben controlar mucho los calentadores de agua porque si estos pierden agua de piscina con cloro en el retorno de condensado es un problema muy grave de corrosión en las calderas.

3-El uso de agua "desmineralizada" (sin sales, o con muy bajo contenido) por medio de "ósmosis inverso" O por desmineralizadores de resina de intercambio, usada en caldera sin tratamiento químico interno del agua en la caldera, también es muy corrosiva (hay una creencia popular equivocada al pensar que con estas agua no se precisa tratamiento. Aún el agua solo ablandada en ciclo sódico (ablandadores de agua comunes) sin tramiento químico interno, también es corrosiva en menor cuantía, y que si el metal no es protegido por un "capa" de óxido magnético, que con el alto PH si agua de pozo ablandada disuelve la capa óxido y deja el hierro "desnudo" . El hierro y otros metales, se preservan por efecto de la capa de óxido que se forma en su superficie, si esta capa de óxido no se forma y mantiene (se disuelve, como un PH menos de PH 10,5 o más de PH 12, las superficies quedan "desprotegidas" y además el hierro tiende a "disolverse" en el agua (un disolvente universal) afinando la pared de los tubos y otras partes. He vivido muchos casos en que se han perdido calderas por estas razones.

4-El ataque por productos agresivos (grasas que se descomponen formando, azúcares, y otros, generando productos ácidos) tienden atacar

al metal de la caldera, por eso hay que mantener el PH entre PH 10,5 y PH 11,5, pero lo fundamental es evitar que el agua de caldera se contamine por estos elementos.
5-A veces los mismos tratamientos químicos internos son los responsables de la corrosión, por la mala elección y manejo de los productos (como el caso de los sulfitos contaminados o de muy baja calidad, el uso de sales industriales para la regeneración de los ablandadores de agua, que queda en la resina y van contaminando el agua de caldera y provocando corrosión. Incluso el uso de algunos polímeros dispersantes, o fosfatos orgánicos mal utilizados y manejados sus valores, son la causa de corrosiones. Meta-bisulfito puede provocar corrosión.
6-Y por supuesto el mal manejo y control de los tratamientos químicos, con mal puestos los límites máximos y mínimos de PH, de soda, sulfitos u otros, etc, y la falta de análisis con la frecuencia debida, pueden ser una de las principales causas de corrosión (el exceso de soda libre, a medida que sube la presión de trabajo, menos soda libre o nada debe haber, los sufltos no se deben usar arriba de los 40 Kg/cm2 porque se descomponen y ataca la caldera y la instalación por contaminación del vapor.
7-Hay corrosiones galvánicas en calderas paradas (frías), corrosiones por diferenciales de tensión o de temperatura (una corrosión que se dá en los stays de las calderas de calderas de calefacción y de vapor, entre paredes planas de la envuelta con el las paredes del hogar más calientes, y para mí la corrosión "anular" entre los tubos de las calderas humo-tubulares y la placa más caliente (que podemos minimizar si logramos una buena capa de óxido magnetico se pueden proteger, aunque se han dado otras teorías respeto a este tipo de corrosión, que yo no comparto).
Antiguamente para las calderas paradas evitar la corrosiones galvánicas, se usaba "electrodos o panes de zinc" electrolítico, pero con el tiempo se dieron cuenta que al calentar la caldera la polaridad del zinc respeto al hierro se invierte (arriba de los 60ºC) y el zinc ataca al hierro (por eso los calefones usan magnesio electrolítico que se ponen como barras en los calefones de hierro de las casas, que se van "comiendo" con los años y que habría que cambiarlos con los años pero nadie lo hace y el calefón se termina pinchando.
A estas corrosiones diferenciales hay que agregarles la corrosión por "oxígeno diferencial", es decir entre zonas del metal con más oxígeno y otras con menos oxígenos se genera una corriente tipo "galvánica", que ocurre aún en zonas como las juntas de las cañerías entre las platinas, con tratamiento químico en las calderas esto se limita mucho o se lleva a cero corrosión (creo que el efecto de diferencial por temperaturas sea

en realidad un caso de oxígeno diferencial), además hay que considerar las corrosiones por tensión, algo que se habla poco.
El caso de la corrosión por "ataque cáustico" se puede decir que en realidad es una corrosión intergranular, no así la "fatiga" del material cuyo origen es más físico.
Bueno, como ven, es son temas muy difíciles y se entra en el campo de la "payada" (improvisación), pero una caldera con buen tratamiento químico, bien controlada, generalmente puede ser protegida casi un 100%.

Saludos a todos y este es el ante-último mes del año, supongo que ya estarán un poco aburridos de mis "recetas de cocina", pero bueno, a alguien les puede ser útil y otros a la "papelera".

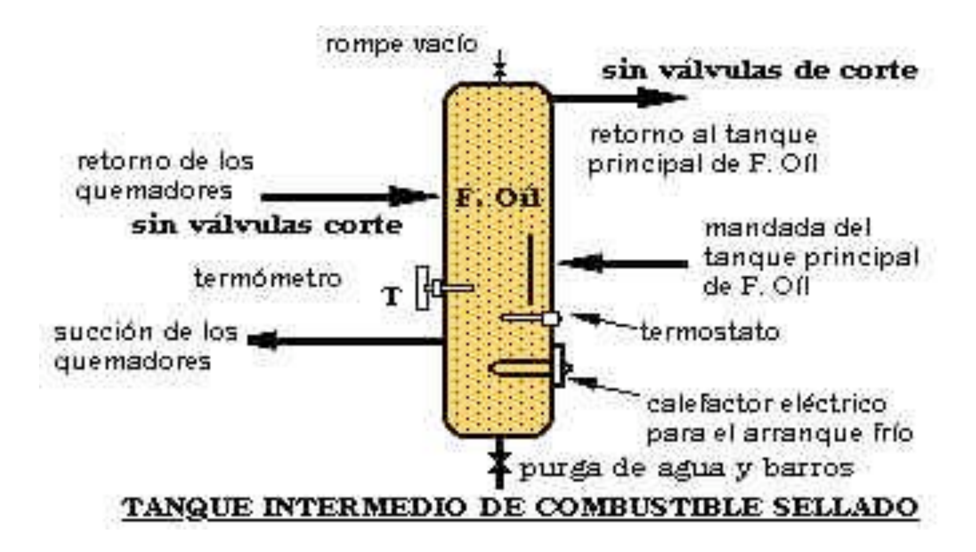


¿Que debo tener en cuenta para instalar un "tanque de servicio" de combustible para un caldera que funciona con F. Oíl?

Bueno, recuerden siempre que Thomasset se maneja en estos temas con sus opiniones personales y aconseja tener en cuenta las reglamentaciones vigentes de los organismos de contralor (Bomberos, Municipios, URSEA, etc….)
Lo primero que hay que considerar que tener un tanque de combustible líquido en una sala de calderas es un gran riesgo de incendio e incluso de explosión de ambiente (por los vapores del combustible caliente), además del riesgo para el personal si el combustible se maneja en ciertas partes a alta temperatura (como los retornos de combustible del quemador, calentador de combustible, uniones y cañerias de alta presión), muchas de ellas inevitables por su función.
El quemador tiene una bomba suministro y presión al puntero del quemador (que puede haber otra bomba de suministro o "anillo" presurizado de combustibles), que dicha bomba del lado de succión no dispone mucha capacidad de succionar de un tanque con combustible que está por debajo del nivel de la bomba y considerando que los vapores de los combustibles calientes tienden a generar una "cavitación" (junto con posibles entradas de aire en las uniones de la succión (especialmente después del filtro de combustible que produce un importante pérdida de carga).
Por lo tanto ideal es que el tanque tenga una altura sobre la bomba de combustible para facilitar el funcionamiento de la bomba con la mínima necesidad de depresión en la succión, pero esto esto de tener un tanque elevado genera varios problemas: el principal es un "derrame" de combustible en la sala de calderas (por eso se exige que los tanque expuestos sobre el nivel del piso tengan una pileta de derrame del combustible superior a la propia capacidad del tanque, incluso si hay un derrame ilimitado la descarga del combustible retorne a un sistema de recolección por alto nivel del recipiente de contención (que debería volver al tanque principal del cual se bombea, tema que no es fácil de resolver por gravedad dado la alta viscocidad del F. Oíl).
De todas maneras si hay un incendio en la sala de calderas, este tanque expuesto está esta en general en condiciones de ser un suministro de combustible para el propio incendio (especialmente por la alta temperatura).
También hay que contemplar, varias consideraciones en las instalación de las cañerías de combustible, como el caso que se rompa un caño o un mangón (y peor si revienta el mangón del retorno que está presurizado

por la bomba de combustible porque se ha puesto una válvula de cierre que alguien por error puede cerrar con el quemado en marcha o cuando se pone en marcha el quemador la alta presión del retorno del quemador y revienta el mangón quemando a una persona o provocando un incendio por el combustible derramado lo que indica que no hay que poner válvulas en los retornos, salvo válvulas de retención, que no deje pasar el combustible "marcha atrás", pero sí con destino al tanque. Si se rompe la cañería de succión al tanque o el mangón, todo el tanque se puede llegar a vaciar todo el combustible del tanque al piso de la sala de calderas, por lo que habría que instalar una "valvula anti-derrame" (como una válvula de retención que está cargada con un resorte que hay que vencer con la succión de la bomba para que esta se abra, o también se pueden hacer cañerías con sifón que impidan estos derrames (especialmente el problema es cuando los combustibles son livianos, como F.Oíl liviano o gasoi, no hablemos de las naftas donde el problema es muy crítico).
Las instalaciones de tanque se servicio que uno vé por estas tierras, son servidos por una bomba de trasvase que manda el combustible del tanque de almacenamiento exterior al tanque de servicio y la bomba es controlada por una "boya"de control de nivel u eléctrodos, ambos propensos a fallar y a generar derrames o faltantes de combustible en el tanque de servicio, lo que provoca derrames con posibles incendios (y el manejo manual de la bomba de trasvase tampoco es una acción deseable, se olvidan de apagarla o falla el control de nivel visual, y el resultado es otro derrame de consecuencias imprevisibles).
El otro tema son los venteos de gases, todos desagradables y tóxicos y con facilidad para una explosión, que deberían descargar generosamente por encima del techo de la sala de caldera.
Todo esto me ha llevado a estudiar el tema, buscando la forma de evitar todos estos inconvenientes, lo que terminó en un sistema "cerrado" y elevado sobre la bomba para tener presión positiva, pero que un incendio sea incapaz de producir o alimentar un incendio con ambudante F. Oíl.
Basándome en libros de origen francés y en la práctica de "viejos" instaladores de calderas de calefacción, en donde las calderas están en los sótanos de los edificios y que si hay un incendio el mismo afecta la integridad del edificio.
Diseñé un tanque que contemplara todos estos problemas y fuera simple, con presión positiva sobre la bomba del quemador y con una cantidad de combustible para funcionar por no más de un par de horas para evitar una acumulación inncesaria de combustible, que si fuera afectado por el calor de un incendio no fuera un peligro.
Lo instalamos en algunas plantas (algunas grandes plantas y otras de

menor tamaño) y con muy buen resultado nos sacamos la preocupación que el tanque de servicio fuera un tema de funcionamiento de problemas. Lo describo y después pondré un croquis en PDF.
El tanque un "balón" de buen espesor, que toma el F. Oíl para los quemadores a una altura del fondo que evite la succión de barros o agua (que tendrá en la parte baja un válvula de purga y vacíado si fuera necesario). Un poco más arriba una resistencia calefactora para F. Oíl comandada por termóstato a media altura (para calentar el combustible para el arranque en frío y el retorno del tanque del "balón" que trabaja levemente presurizado por la bomba de trasvase en el tanque de almacenamiento, que se une al "balón" a media altura chocando contra un chapa que rompe la descarga y la distribuye, la cañería con un "trazador de calentamiento" para mantener el caño acierta temperatura y evitar el exceso de presión de bombeo (la bomba de trasvase deberá tener una válvula interna de alivio por si el combustible está frío o si alguien cerró las válvulas de descarga de la bomba y la entrada al "balón", luego, también a media altura entrará en el "balón" el retorno (o los retornos) del quemador, que no entrá válvula de cierre, solo una válvula de retención que permite descargar el retorno pero no permitir su retroceso, esta descarga también tendrá un deflector de chapa de choque del combustible que se descarga para que se mezcle con el combustible del "balón" y lo caliente por mezcla. Casi en la parte superior habrá un cañería de retorno (de buen diámetro y aislada, y con "trazador" para evitar que se enfría el combustible si el F. Oíl y pueda generar contrapresión) del exceso de trasvase de combustible del "balón" al tanque del depósito de combustible (que mantendrá el F. Oíl a por lo menos 50ºC con serpentinas de vapor, pero sin recuperar el condensado que puede ser muy contaminante), en la parte superior del "balón" habrás un válvula de "rompe vacío" por si hay que vaciar el "balón". La bomba de trasvese podrá funcionar permanente o cada pocos minutos para mantener el "balón" con combustible (regulada por "timer" en contactor, regulado para la capacidad de bombeo que cubra el consumo), mantener este flujo de F. Oíl relativamente caliente.
En caso de incendio, el "balón" se podrá "recalentar", pero su presión generada se irá por la cañería de retorno al tanque de almacenamiento y descargará los vapores por los venteos del mismo, pero el "balón" no descargará el combustible a la sala de caldera ni tendrá un incendio a "cielo abierto".



¿Tengo una caldera que funciona a gas natural, la misma me presenta los siguientes problemas: oscilan los niveles visuales más de 30 mm., usa agua de pozo ablandada, la temperatura de chimenea es de 300ºC, los cristales de los tubos de nivel duran unos pocos meses por el gran desgaste donde oscilan, que puede ser?

Estimado, que el tubo de nivel (o los tubos si tiene dos), se "coman" en poco tiempo es seguro causado por el alto contenido de soda libre, este se detecta fácilmente si medimos el PH y es más de PH 11,5 (hasta PH 12 es aceptable en condiciones de agua de pozo ablandada). Si consideramos que la alimentación de reposición es agua de pozo "ablandada" y alimentan con agua fría (casi seguro que la reposición con agua de pozo ablandada sea del 100%), generalmente en un pozo, dependiendo la zona, la alcalinidad Total sea muy alta, lo que significa que toda esa alcalinidad se transformará es soda "libre" (ideal para atacar los cristales si no limitamos su valor en el interior de la caldera, con purga contínua y usando un tratamiento de "amortiguación" de la soda "libre" (hidróxido de sodio), es decir que no aporte soda a su vez el tratamiento, la purga puede alcanzar valores hasta del 30% o más en algunos casos , dependiendo de la zona (en algunas he tenido que trabajar con durezas tan altas como de 990 ppm, una barbaridad, casi toda dureza Temporaria), lo cual si no se hace una purga suficiente la soda se acumula en el interior de la caldera y ataca a los cristales y a los metales destruyendo la capa protectora de óxido magnético y puede ser la causa de las oscilaciones de los niveles.

Pero las oscilaciones de los niveles, tampoco hay que descartar que esa temperatura tan alta en chimenea para gas natural, significa que la caldera puede estar pasada de combustión (ya que es gas natural el ajuste del quemador a su valor máximo de fuego hay que tener mucho cuidado que parámetros utilizamos para controlar el máximo "fuego" (yo sugiero usar la temperatura máxima alcanzada en chimenea, que depende de los pases de la caldera (2 o 3 pases) y el largo de la misma, generalmente una caldera de 3 pases a 10 Kg/cm2 la temperatura no debiera ser mayor a 270ºC.
Pero me inclino al problema del exceso de soda por falta de purga (medir el PH que no pase de PH 12, preferible mantenerse en PH11,5), se puede medir la soda libre, pero es más fácil para el foguista controlar seguido el PH.



¿Cuales son los "descuidos" que el manejo de las calderas de baja presión pueden llevarnos a un accidente o falla costosa?
Bueno, hay varias cosas que tener en cuenta para evitar en caer en un accidente o falla costosa, trataré de ponerlas en forma de importancia descendente.

1-La falta de purga por "olvido" o "desgano" de los controles de nivel (incluso por no hacer la purga con la apertura suficiente y comprobar el "corte por bajo nivel de agua" del quemador o los aires en biomasa. Este es un problema bastante común y una "trampa mortal". La falla por bajo

nivel de agua puede ser un accidente desde aflojar los tubos en las placas, hundir el hogar o hasta "reventar" la caldera por el arrastre que provoca el "aplastamiento" de hogar que produce sobre las placas (responsables de mantener la envuelta en su lugar y soportar la presión por su forma geométrica). Aún más grave si el operador con el "susto" en vez de apagar el quemador y cortar la alimentación de agua y dejar enfríar (o caliente) toma la medida de alimentar bruscamente la caldera con agua fría que distorsiona el material recalentado y levanta presión al evaporarse casi "espontáneamente" el agua, generando suficiente presión para provocar el estallido de la caldera.
La falta de purga el los niveles o purgas "tímidas" o muy espaciadas (o no conectas las descargas al colector de purga lo que obliga a operar sin poder abrir bien la purga, ya que se "quema el operador"), pueden permitir que los "barros" se asienten en las "bochas"de los controles de nivel y con ello la falla de estos que dejen de funcionar adecuadamente y no alimenten la caldera y no corten por bajo nivel (los dos niveles, porque toda caldera debe tener un nivel de corte por bajo nivel de "respaldo"). Este accidente era muy común en el pasado (las calderas tenían un solo control de nivel, o sea sin respaldo por si fallaba el nivel de servicio por corte por bajo nivel, esto se fue implementando frente a la cantidad de accidentes).
2-La falta de purga de colectores (o purgas mal diseñadas por el fabricante) lleva a que se acumulen los barros en los tubos de las "paredes" de las capillas (de combustión y traseras), provocando el "reventón" o fisura de los tubos en cualquier momento, aunque si bien el accidente no es grave para el operador, obliga a parar y esto es muy costoso. Hay purgar los colectores con la combustión al mínimo o apagado el quemador, repetidas purgas para asegurarse de extraer lo barros. Una medida imprescindible es abrir los colectores cada año y observar con un espejo o cámara en los tubos de las paredes (especialmente en la curva ascendente) que no se acumulen barros, limpiar mecanicamente si es posible y siempre hacer un "barrido" con abundante agua desde el colector superior de la pared de los tubos con una manguera de incendio (embocando el "chorro" de agua desde la caldera unos cuantos minutos para provocar el arrastre de los barros hacia el colector donde se sacaran mecánicamente con un "asadita" (chapa soldada en un tubo o hierro para el arrastre de los barros hacia el exterior y luego enjuagar. Además conveniente disponer de un ángulo de 3" a 4" que dirija los barros hacia la purga por arrastre de los mismos, ángulo hasta el 2 tubo empezando por el final, ver PDF.
3-La falta de purga (especialmente en agua de pozo ablandada), que provoca la acumulación de soda que provoca mala circulación interna,

arrastre de agua masivo (muy peligroso para la caldera por la falta de enfriamiento del tubo de hogar), generalmente cuando hay falta de purga y exceso de soda los controles de nivel visuales oscilan y los tubos o cristales de nivel sufren la "corrosión" de la soda en la soda donde oscila el agua (esto se arregla purgando más y usando productos químicos que neutralicen en parte la soda libre).

Bueno, hay un innumerable de errores más, que van desde el mal diseño de
la caldera o construcción (que fisuran las envueltas, una explosión de envuelta muy peligrosa puede ocurrir), mala implementación de los aires bajo grilla en calderas de biomasa que puede llevar a la "post-combustión" y esto al "sobre-calentamiento de placas" y esto finalmente puede provocar el "efecto perverso" de provocar la "fragilidad cáustica" por acumulación de soda en la base de los stays soldados a la placa con la explosión de la caldera.
Hay mucho más, pero fijemos la meta a preguntas puntuales, motivo de este camino que he tomado este año 2015 desde energo (que ya llevamos más de 60 preguntas contestadas).

¿Puede comentar sobre las corrosiones en el metal (hierro) de las calderas en forma de indicar los efectos y orden de importancia?

Esta es una pregunta permanente, y hay mucha confusión al respeto, ya que el tema de corrosión es muy complejo y puede llevar años ver su efecto o en forma inmediata si es muy grave (por los síntomas que presenta la caldera, como color del agua (colores rojisos, oscilación de niveles, por los análisis del agua que dá los valores de PH, soda libre, etc. pero hay muchos valores que no se analizan o no son claros su presencia).
Las corrosiones podrán ser localizadas (como el "pitting", etc. o generalizadas como los bajos PH o excesos de soda libre, etc.)
1-Si bien la presencia de oxígeno del agua en la caldera es lo que más aflige (por sus efectos tan notorio en el ataque por "pitting" (picadura en los tubos de intercambio fundamentalmente), hay que considerar que esta corrosión solo es posible si el agua de caldera está por debajo de los 100ºC (ya que el oxígeno "disuelto" en el agua es inversamente proporcional a la temperatura, si calentamos el agua de alimentación a 100ºC prácticamente el agua estará "des-areada" (casi sin oxígeno, de todas maneras hay que "secuestrar" el oxígeno residual que

entra a la caldera (oxígeno que en poco tiempo por la alta temperatura del agua de caldera, se vá inmediatamente con el vapor y ataca a las zonas donde se "estanca" el condensado). Por eso solo podemos decir que la caldera es atacada por "oxígeno" es cuando está parada y el agua en su interior por debajo de los 100ºC, o si alimentamos con agua fría que está saturada de "oxígeno" se ataca la "flauta" o "caja de alimentación" o inmediaciones donde el agua fría impacta sobre el metal.
Solución: calentar el agua de alimentación a casi 100ºC en el tanque de alimentación (o si se tiene "des-areador" presurizado a más temperatura), más la introducción de un "secuestrante de oxígeno" (como el sulfito de sodio, el bisulfito de sodio no lo aconsejo, pero el sulfito de sodio debe ser de primera calidad ya que las "materias extrañas" lo pueden volver corrosivos por descomposición, o aún el uso de "catalizadores" mal utilizados, en cantidad, calidad, y manejo, pueden provocar corrosión, en lo posible empezar la reacción en el tanque de alimentación para evitar que el oxígeno entre a la caldera y se vaya al sistema de vapor donde provocará corrosiones aceleradas en compañía del CO_2 (anhídrido carbónico de la descomposición de los bicarbonatos que forman la dureza temporaria del agua más el bicarbonato de sodio natural o agregado que trae el agua ablandada, que al disolverse el CO_2 baja el PH o sea es un ácido débil, que sin la presencia de oxígeno no ataca tanto al metal.
Siempre reforzando estos "secuestradores de oxígeno" frente a paradas en que la caldera se enfría, además de inundarla y poner un "sello hidráulico" que mantenga la caldera inundada y absorba las dilataciones y contracciones y las pérdidas de las purgas, rellenando el tanque que se mantiene por la mitad, para absorber las dilataciones y contracciones por temperatura ambiente.
Pero recordar que solo ataca en baja temperatura (debajo de los 100ºC).
2-Pero la peor corrosión es la del cloro (producto de clorar las aguas en los tratamientos de potabilización (especialmente en los frigoríficos, lecherías, fábricas de chacinados, etc.,. donde la reglamentación obliga a clorar a valores altos.
El cloro es muchísimo más corrosivo para el hierro que el propio oxígeno, porque corroe en frío _y en caliente_ (o se cualquiera sea la temperatura del agua habrá corrosión, y la caldera será atacada tanto en marcha como parada). Por ser aún oxidante como el oxígeno, su eliminación se puede controlar o eliminar con productos como el sulfito de sodio antes de entrar en la caldera (tanque de alimentación), pero esto no es un método seguro, conviene eliminar el cloro antes de llegar a la caldera y esto se hace por absorción con filtros de "carbón activado" (el carbón activado va acumulando el cloro en sus poros

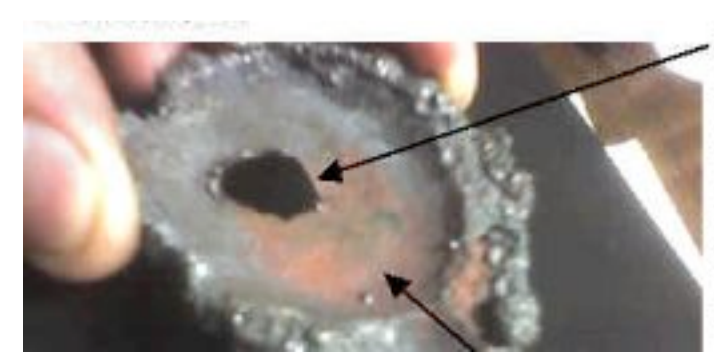
micro-métricos por la gran superficie que tiene internamente en los micro poros, pero llega un momento que el carbón se "agota" su capacidad de "absorción" del cloro y hay que cambiarlo por un carbón activado "fresco" (y que esté en condiciones). Hoy en día los filtros de carbón activados son de un costo relativamente bajos, y su operación se basa en controlar la salida del agua para ver si hay pérdidas de cloro, haciendo frecuentes contralavados para sacar los "barros asentados" que trae el agua (ya que actúa como un "filtro", aunque no es su función), ya que estos pueden afectar el pasaje de agua y el comportamiento del filtro y además conviene desinfectar el carbón con contralavados con vapor de baja presión, que no solo desinfecta sino que regenera muy parcialmente al carbón, pero esto no se puede hacer con los filtros de fibra, solo con los de acero inoxidable diseñado para esto, yo lo he hecho en muchas ocasiones). Poner un filtro de carbón activado y no cambiar el carbón en los tiempos debido no es un buen negocio, ya que si entra cloro en la caldera y no hay suficiente sulfito de sodio, su ataque a los tubos de intercambio y a otras partes es inmediata y fatal. Las plantas que calientan agua de piscinas cargadas de cloro, se deben controlar mucho los calentadores de agua porque si estos pierden agua de piscina con cloro en el retorno de condensado es un problema muy grave de corrosión en las calderas. Ver PDF.

3-El uso de agua "desmineralizada" (sin sales, o con muy bajo contenido) por medio de "ósmosis inverso" O por desmineralizadores de resina de intercambio, usada en caldera sin tratamiento químico interno del agua en la caldera, también es muy corrosiva (hay una creencia popular equivocada al pensar que con estas agua no se precisa tratamiento. Aún el agua solo ablandada en ciclo sódico (ablandadores de agua comunes) sin tramiento químico interno, también es corrosiva en menor cuantía, y que si el metal no es protegido por un "capa" de óxido magnético, que con el alto PH si agua de pozo ablandada disuelve la capa óxido y deja el hierro "desnudo" . El hierro y otros metales, se preservan por efecto de la capa de óxido que se forma en su superficie, si esta capa de óxido no se forma y mantiene (se disuelve, como un PH menos de PH 10,5 o más de PH 12, las superficies quedan "desprotegidas" y además el hierro tiende a "disolverse" en el agua (un disolvente universal) afinando la pared de los tubos y otras partes. He vivido muchos casos en que se han perdido calderas por estas razones.

4-El ataque por productos agresivos (grasas que se descomponen formando, azúcares, y otros, generando productos ácidos) tienden atacar al metal de la caldera, por eso hay que mantener el PH entre PH 10,5 y PH 11,5, pero lo fundamental es evitar que el agua de caldera se contamine por estos elementos.

5-A veces los mismos tratamientos químicos internos son los responsables de la corrosión, por la mala elección y manejo de los productos (como el caso de los sulfitos contaminados o de muy baja calidad, el uso de sales industriales para la regeneración de los ablandadores de agua, que queda en la resina y van contaminando el agua de caldera y provocando corrosión. Incluso el uso de algunos polímeros dispersantes, o fosfatos orgánicos mal utilizados y manejados sus valores, son la causa de corrosiones. Meta-bisulfito puede provocar corrosión.
6-Y por supuesto el mal manejo y control de los tratamientos químicos, con mal puestos los límites máximos y mínimos de PH, de soda, sulfitos u otros, etc, y la falta de análisis con la frecuencia debida, pueden ser una de las principales causas de corrosión (el exceso de soda libre, a medida que sube la presión de trabajo, menos soda libre o nada debe haber, los sufltos no se deben usar arriba de los 40 Kg/cm2 porque se descomponen y ataca la caldera y la instalación por contaminación del vapor.
7-Hay corrosiones galvánicas en calderas paradas (frías), corrosiones por diferenciales de tensión o de temperatura (una corrosión que se dá en los stays de las calderas de calderas de calefacción y de vapor, entre paredes planas de la envuelta con el las paredes del hogar más calientes, y para mí la corrosión "anular" entre los tubos de las calderas humo-tubulares y la placa más caliente (que podemos minimizar si logramos una buena capa de óxido magnetico se pueden proteger, aunque
se han dado otras teorías respeto a este tipo de corrosión, que yo no comparto).
Antiguamente para las calderas paradas evitar la corrosiones galvánicas, se usaba "electrodos o panes de zinc" electrolítico, pero con el tiempo se dieron cuenta que al calentar la caldera la polaridad del zinc respeto al hierro se invierte (arriba de los 60ºC) y el zinc ataca al hierro (por eso los calefones usan magnesio electrolítico que se ponen como barras en los calefones de hierro de las casas, que se van "comiendo" con los años y que habría que cambiarlos con los años pero nadie lo hace y el calefón se termina pinchando.
A estas corrosiones diferenciales hay que agregarles la corrosión por "oxígeno diferencial", es decir entre zonas del metal con más oxígeno y otras con menos oxígenos se genera una corriente tipo "galvánica", que ocurre aún en zonas como las juntas de las cañerías entre las platinas, con tratamiento químico en las calderas esto se limita mucho o se lleva a cero corrosión (creo que el efecto de diferencial por temperaturas sea en realidad un caso de oxígeno diferencial), además hay que considerar las corrosiones por tensión, algo que se habla poco.

El caso de la corrosión por "ataque cáustico" se puede decir que en realidad es una corrosión intergranular, no así la "fatiga" del material cuyo origen es más físico.
Bueno, como ven, es son temas muy difíciles y se entra en el campo de la "payada" (improvisación), pero una caldera con buen tratamiento químico, bien controlada, generalmente puede ser protegida casi un 100%.



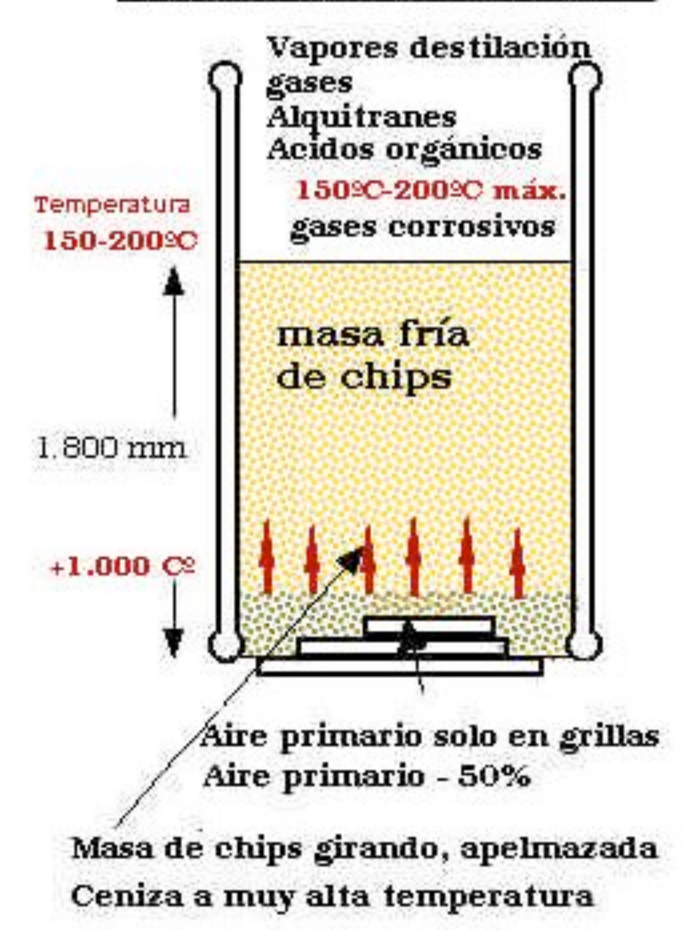
PERFORACION

La corrosión mostrada es de una envuelta de una caldera humo-tubular, que durante 12 años se usó agua desmineralizada sin tratamiento químico interno.
Esto perforó la envuelta, cuyo espesor es de 1/2".

¿Porqué Ud. sostiene que la quema de chips en gasógenos a "contra-corriente" no es adecuada?

Bueno, esto me ha traído muchas críticas de los simpatizantes del gasógeno, pero a la realidad me remito, quién queme chips en gasógeno a contra-corriente tiene problemas muy diferentes que cuando quema rolos a contra-corriente.
La necesidad de limpiezas frecuentes, tanto de los ductos entre el gasógeno y la cámara torsional son muy frecuentes y cuanto más humedad (hasta que se llega un valor que por encima de éste la combustión es tan insostenible, las contra-explosiones son frecuentes, etc., la formación de "piedras" de cenizas en la parrilla de gasógeno que llega hasta bloquearla, la limpieza de la caldera es más frecuente, el desgaste por abrasión de ventilador del tiro inducido es un problema a contemplar. No solo es sensible la humedad (que también en la quema de los rolos hay que contemplar, pero no es tan baja la limitación que si se quema chips, sino que es sensible al origen del chips (tipo de árbol, zonas de plantaciones, tenor de cáscara, etc.).

Mi conclusión es que en realidad cuando el gasógeno quema chips a "contra-corriente" , el aire de combustión primaria entra por abajo y la carga de chips por arriba, lo que provoca que el chips más húmedo está en la parte superior y va bajando a medida que se quema y además de ir secándose, esto hace un efecto de "destilación" de parte de la madera más fría que entra por arriba (un efecto de sofocación como cuando queremos hacer humo y no gases), lo que en realidad la gasógenos no produce un % de gases de combustión (CO, H2, y otros elementos orgánicos más agua) sino que hay un % relativamente alto de gases de destilación de "madera" muy cargado de alquitranes (elemento problemático de quemar sin las temperaturas no son tan altas en la cámara torsional, y es este el alquitrán que aglomerado con cenizas tapa los ductos y ensucia la caldera si en la cámara torsional no llega a quemar en su totalidad (de todas maneras la ceniza que entra, más los gases piroleñosos que puedan pasar la cámara de combustión, son los causantes del ataque por erosión mecánica y química de los ventiladores de los tiros inducidos (y a la larga de toda la caldera).
Cuando quemo rolos, no llego a "sofocar" totalmente la circulación de aire y gases en el seno de los rolos (no así en la masa de chips, que enfría los gases formados en la etapa de más tempertura y además genera "caminos" de conducción de los gases en el interior del chips, no así los rolos que tienen aberturas entre los mismos que permiten una circulación más homogénea no destila tanto como el caso de chips que "sofoca" más a la circulación y enfría con la destilación (las destilaciones son efectos endotérmicos (consumen calor, no generan, la combustión que es una reacción química genera calor, por lo cual el gas destilado es más frío y más difícil de "quemar" no solo por los alquitranes sino por la baja temperatura que entra a la cámara torsional.
He tratado que se haga un estudio serio de estos temas, sin "ponerse una camiseta", ya que aquí y en cualquier parte los técnicos debemos ser neutros y no atarnos a sentimientos, sino a comprobaciones.



¿Que problemas me puede traer quemar aserrín en una caldera humo-tubular?

Bueno, ya lo he expresado en este Foro de Energía, lo primero que hay que tener en cuenta si el sistema de combustión de aserrín introduce la ceniza por los pases de la caldera (incluyendo el tubo del hogar hasta la chimenea, cajas de humo, etc.), la ceniza de un aserrín es muy corrosiva por erosión mecánica (es como si fuera un arenado a impactar durante su trayecto a chimenea, que debemos tener un separador antes de la chimenea y dispersar los gases, problema no fácil y barato de

resolver, pero que si no se pone desparramaremos ceniza por la descarga de los gases de chimenea en toda la área de influencia. La ceniza de aserrín es muy variable en cantidad y calidad, puede ser entre un mínimo del 1% hasta un 5% aprox. (como las cáscaras de pinos de los aserraderos de pinos, especialmente por su cáscara gruesa y con mucho carga del medio ambiente del lugar del árbol, arenas en muchos casos, que pasa a incrementar el efecto corrosivo por erosión. Hay que pensar que la velocidad de los gases en los distintos pases de la caldera (que al principio el volumen es muy grande por la alta temperatura y la dilatación de los gases, lo que implica un gran velocidad, muchos metros por segundo, en algunos casos superan los 30 m/s, la cenizas (elementos químicos que han perdido los volátiles y las partes que se descomponen por temperatura como los bicarbonatos y carbonatos, no así las sales de ácidos fuertes) impactarán en los cambios de dirección y en los el efecto torbellino adentro de los tubos sobre las distintas superficies, erosionando de acuerdo a la velocidad y el ángulo del impacto, siendo muy a considerar los "vórtices" (torbellinos o remolinos que se generan cuando las corrientes de gases penetran en los tubos, una zona muy afectada por la corrosión). Ahora estos problemas en la cáscara de arroz se multiplica muchas veces (la ceniza de arroz puede llegar al 22% de sílice y ademas en los gases van azufre que contiene la cáscara, que afecta la velocidad de ataque).

El aserrín no solo tiene un efecto de erosión mecánica con sus cenizas, sino que esta erosión mecánica puede ser incrementada por el ataque de gases corrosivos (según sea la procedencia de los árboles, no solo por la influencia del medio ambiente, sino por efecto de la mano del hombre al tratar en algunos casos la madera para que no se pudra, como ocurre con los sulfatos (sulfato de cobre tan usado, pero super corrosivo).

Ahora, la propia combustión limpia es un proceso que en ciertas zonas de la llama hay un ambiente en proceso de combustión del carbono en que hay

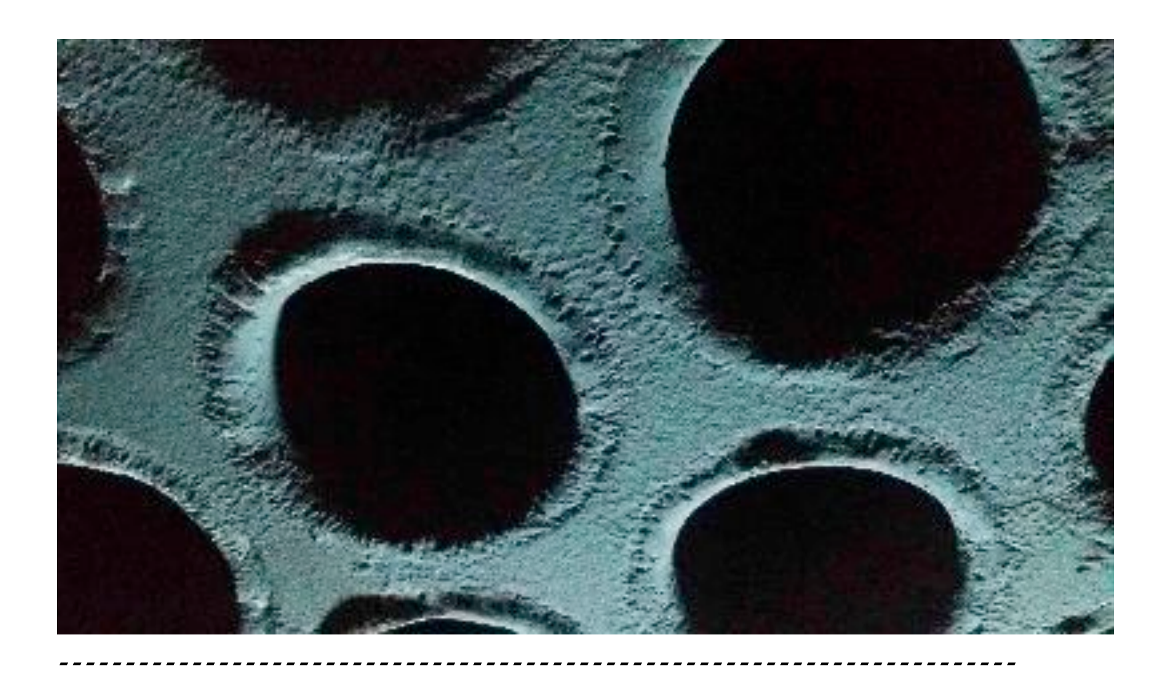
mucho CO (monóxido de carbono), el CO de por sí en altas temperaturas (arriba de los 500ºC y cuanto más alto peor, y si estamos inmersos en la llama esas temperaturas en general son totalmente superadas), este CO es tremendamente corrosivo en estas condiciones, "acelerando" el ataque erosivo mecánico de la ceniza.

Este ataque de corrosión por erosión, por esta última razón se puede dar especialmente en aquellos sistemas de quema de aserrín que la combustión

continúa en el tubo del hogar, es decir se produce como una "post-combustión" en la cámara de humos trasera y el ataque de la placa puede ser un serio problema, ni que hablar de los vórtices que se forman

a la entrada de los tubos del primer pase, en donde la llama se apaga (el problema se multiplica, la llama apagada significa la posibilidad sumada no solo de CO, sino de "gases piroleñosos" (muy corrosivos en las zonas frías, pero que cuando hay ataque erosivo se acumula a los ya nombrados como el CO (que ataca a alta temperatura). Hay que considerar que la placa trasera de una caldera humo-tubular tiene dos zonas bien diferenciadas termicamente, la zona "bajo agua" (que si bien se supone que tiene buen enfriamiento, puede que no sea sí no solo por incrustaciones o barros, sino por lo complicada que es la circulación del agua de enfriamiento al formar una capa de vapor aislante, que si bien todavía puede estar la placa relativamente fría, aunque superada su temperatura normal, un poco por sobre la del vapor saturado, del lado gases las temperaturas superficiales pueden ser muy altas, no deberían superar 28ºC sobre la temperatura del vapor saturado, pero en estas condiciones esta superficie tan "recalentada" es atacada mecanicamente por erosión de la ceniza y por el el efecto del CO, ya que por lo general supera los 500ºC (no hay que olvidar que el grosor de la placa se limita por la necesidad de mantener un grosor que el gradiente de temperatura le permita estar relativamente fría frente a los gases, cuanto más gruesa la placa más se recalentará su superficie del lado de los gasse (y esto se agrava cuando hay zona entre tubos de difícil circulación entre los tubos, que en general podran estar algo incrustadas la placa por falta de "lavado" de la pobre cirulación de agua. Pero la parte más débil, es la zona de la cámara de vapor, el vapor es un mal refrigerante, por lo que esta zona de la placa en la cámara de vapor (que no debiera del lado gases superar en su superficie los 28ºC, conviene que esté aislada dividiendo la caja de humos de la zona de gases caliente o aislando la placa directamente (algo que se hace si no hay otra forma de proteger la placa o sea dididir la caja de humos).

Para mí quemar aserrín en una caldera humo-tubular, y no perder la caldera en meses o pocos años por "desgaste" de corrosión por las cenizas, la cámara combustión no solo no debe permitir que la ceniza penetre la vena de gases que pase por la caldera o sea que la ceniza quede y se extraiga en la cámara de combustión (esto se logra con cámaras de combustión que quemen "briquetas" a baja velocidad de combustión, en quema directa, con grillas de acero al cromo-niquel para alta temperatura, a muy bajas velocidad de aire). O si nó, la pérdida de caldera debe estar en los costos del "negocio" del aserrín barato (en estos temas he estado hasta en los juzgados, incluso uno de los primeros jucios orales me tocó ser testigo técnico).

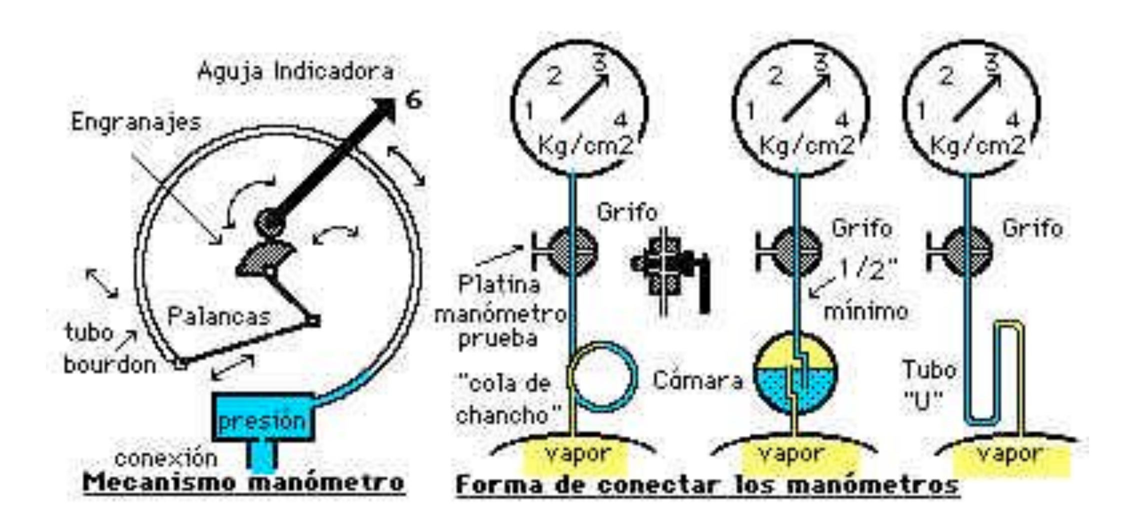


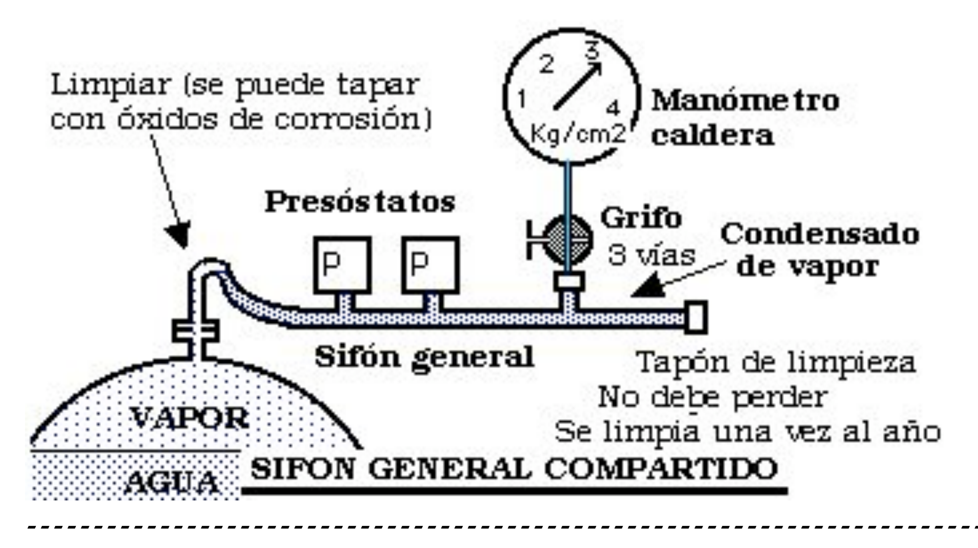
¿Puedo conectar el manómetro en la caldera con una válvula esférica o grifo de un solo pase?

No. Esto es muy peligroso, ya que alguien por error puede dejar cerrado el grifo o válvula de bola y menos usar una válvula de globo o esclusa. Los grifos de conexión de manómetros a las "colas de chancho" u otro sistema de condensación para aislar el vapor del tubo "bourdon" (que en realidad es un sello de agua), un tubo formando un semi-circulo con un extremo fijo y el otro móvil o sea libre para que se mueva (siendo el tubo "bourdon" el elemento sensible a la presión del vapor y traslada la fuerza de la presión a un movimiento amplificando por la aguja del manómetro a la indicación correspondiente de calibración a la "esfera" del manómetro (donde están marcadas las presiones por número y escalas, con la correspondiente indicación manométrica (gauge en ingles) en Kg/cm2 (kilos por centímetro cuadrado) , atmósferas o Lb/# (libras por pulga cuadrada), por lo que este "tubo bourdon", que es de cobre o acero inoxidable, no debe ser afectado por la alta temperatura del vapor y por los gases corrosivos que puedan haber (CO_2, O_2, amoníaco en el bronce, cloruros en el inoxidable, etc.) en el vapor, por eso no debe ser

purgado el manómetro en forma indiscriminada, ya que la formación del sello aislante de condensado demora un cierto tiempo en que el manómetro
está conectado directo al vapor, incluso no debe "gotear" la conexión del grifo ni ninguna otra de las salidas, esto termina estropeando el manómetro. Tampoco la "cola de chancho" o cualquier tipo de "sello" hidráulico no debe tener válvula de corte, debe ir conectado direcamente a la cámara de vapor.
Los grifos de conexión deben ser especiales, de 3 vías, una conecta a la caldera, otra conecta al manómetro y otra conecta a la platina del grifo de pruebas (que también sirve eventualmente para purgar el manómetro y la "cola de chancho", que no se debe abusar porque se rompe el "sello hidráulica".
Hay dos grifos normalizados, el americano que cumple las normas ASME y el grifo europeo. La diferencia es muy importante, ya que el americano es mucho más seguro de no cometer un error que alguien (por error o por malicia) cierre el manómetro con presión o con presión cero, lo que provoca confusión para el operador y puede hacer maniobras con los controles de la caldera que pueden llevar a un accidente. El grifo americano permite con una sola "manivela", visible para cada posición, en cada posición dejar bien claro que es lo que está conectado (ya que si cerramos el manómetro dejamos perdiendo (o goteando) el grifo por la platina que queda abierta con el manómetro en cero y eso es un aviso de que alguien cerró la conexión al manómetro, y si ponemos el manómetro patrón (algo obligatorio en todo sentido para hacer pruebas hidráulicas y ajuste de válvulas de seguridad y presóstatos, algo que no se hace, pero un manómetro patrón es más seguro en calidad y calibración que un manómetro de marcha de la caldera, por eso los inspectores deberían usarlo y enseñar su necesidad y utillidad). En el caso que conectemos el manómetro patrón, quedarán los dos manómetros conectados y protegidos por la misma "cola de chancho" o sello hidráulico de condensado. En le grifo americano mirando la manivela del grifo tenemos claro en que posición se encuentra y esto alerta al operador si alguien a tocado el grifo y ha bloqueado al manómetro. En el grifo europeo la maniobra es más complicada, ya que hay dos válvulas y sus volantes, lo que obliga a razonar a que maniobra está respondiendo (he participado en corregir errores que han vuelto loco a los operadores en calderas europeas con estos grifos, por lo que aconsejo se usen grifos americanos con Normas ASME (aunque si tenemos la necesidad de cambiar el grifo, podremos hacer en forma temporaria con grifo de 3 vías de una válvula esférica (que gira la posición los 360º o sea las 4 posiciones y el manivela es observable, poniendo una platina para el manómetro patrón en la conexión media).

Bueno, en la pg. 73-74 del "Pequeño Manual del Foguista" 2011 10a. edición estoy mostrando ambos grifos para que razonen sobre el tema que he contestado. Si no lo tienen, lo pueden bajar gratis en :
https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing





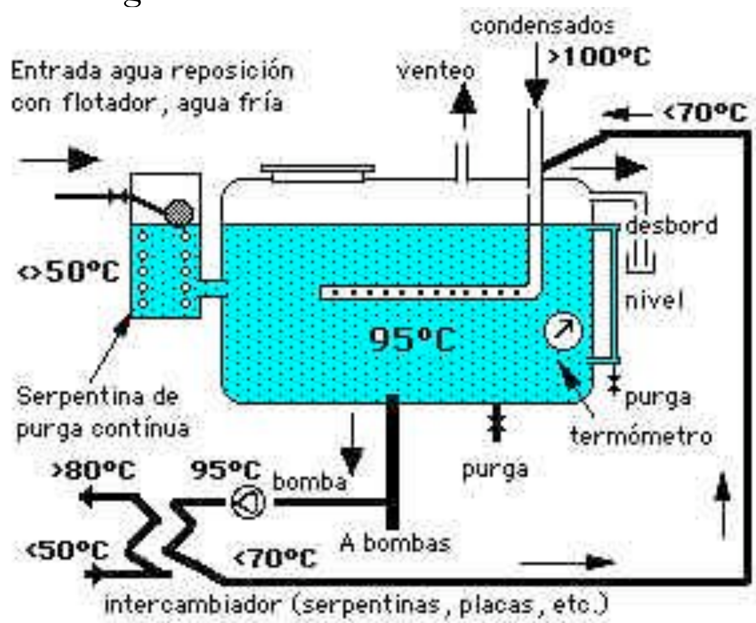
¿Tengo un problema con la alimentación de agua, cuando la caldera está con la carga máxima a la bomba de alimentación como que le cuesta mantener el nivel, que puede ser, ya que la bomba por su capacidad y presión sobraría?

Bueno, esta es una pregunta que debemos contestarnos paso a paso:

1-Cuando recién se instaló la bomba alcanzaba a alimentar la caldera en las condiciones de máxima vaporización con el agua a 95ºC, como debe ser (con el tanque de alimentación a no menos de 4 a 5 metros de altura de la succión de la bomba).
Respuesta posible: Esto puede ser, que la bomba pueda estar con problemas de suministro de agua a la entrada del rodete, quizás, si le han puesto el filtro que le corresponde, que el filtro de succión haya que limpiarlo, ya que al tener una "restricción" por estar semi-tapado, produce una pérdida de presión a la succión (como si el tanque estuviera a baja altura y la alimentación de agua fría), en este caso es probable que sentiríamos un sonido como de "granallas" batidas en un tarro, lo que significa que tenemos una cavitación por falta de alimentación, y esto puede llevar a la destrucción de los álabes de la bomba, además del problemas de alimentar correctamente la caldera.
2-Si al principio de la instalación la bomba producía los mismos síntomas, falta de capacidad, "ruidos de cavitación", tanto con agua fría como caliente, y la bomba es la adecuada, el problema pueder ser:
R-Filtro de succión con pérdida de carga por ser pequeño para el caudal o la malla de chapa o malla de alambre son muy cerrados y generan una pérdida de carga. O puede que en la succión se hayan puesto cañerias con trazados inadecuados, se pusieron codos en vez de curvas, ya que los codos tienen más pérdida de carga, o la cañería es de muy poco diámetro o demasiado "largas" las distancias o las válvulas que se han puesto, tanto a la salida del tanque como a la entrada de la bomba no son de "pase total" (válvulas de globo no se pueden poner, deben ser esféricas o de esclusas). O hay una cañería demasiado larga a la succión, esto aumenta la pérdida de carga, o ha caído una herramienta en el montaje adentro del caño, o hay entradas de aire contra la succión de la bomba donde hay siempre una empaquetadura o un sello mecánico.
2-Si al poner en marcha, por primera vez, ya tenemos problemas de alimentación y todos los problemas anteriores no están ocurriendo (pérdidas de carga a la succión), el problema puede ser que las válvulas de retención (normalmente en las bombas modernas son dos) son mal elegidas y generan una gran pérdida de carga a la salida cuando tenemos un caudal importante de alimentación. Generalmente las válvulas de retención de "bolas" (una esfera de acero adentro del cuerpo de la válvula en vez de "clapetas" (asientos planos tipo "plato"), estas presentan problemas de pasaje de agua por su gran pérdida de carga, no solo por el peso de la bola, sino por la forma interior como si fuera

una válvula de globo donde hay grandes cambios de sentido en la corriente de agua. Este problema se detecta si tenemos un manómetro a la descarga de la bomba de alimentación, de manera que estando la presión de la bomba con mucha diferencia de la presión de la caldera, es evidente que las retenciones tienen una "restricción" (ojo, estamos hablando de regulación de alimentación "ON-OFF" (pasa o no pasa, no un sistema de modulación de cualquier tipo, que por lógica es la pérdida de carga la que regula la alimentación y no la apertura y cierre de una válvula).
Lo más importante siempre es tener el tanque de alimentación a una altura no menos de 4 a 5 metros de su fondo de la alimentación de la bomba (de manera de tener una presión positiva a la entrada de la bomba, ya que a medida que el agua se calienta, como debe ser, a por lo menos 90ºC, pero si miramos una "Tabla de vapor" veremos que de 0ºC a 100ºC la presión si bien es vacío respeto a la atmosférica (en 100ºC se iguala con la presión atmosférica de 1.033 Kg/cm2, de manera que en esta temperatura debemos compensar la presión del vapor porque el álabe de la bomba no tiene condiciones para evitar la "cavitación", o sea la transformación del agua en vapor y el vapor impide que el álaba impulse el agua, una bomba con agua fría puede "succionar" en la práctica hasta unos 7 m.c.a. (metros de columna de agua) como sucede en un pozo que bombeamos poniendo solo una retención a la succión y que no entre aire del lado de succión, la misma funcionará bombeando agua, a medida que la presión atmosférica sea mayor que la presión del vapor a esa temperatura del agua o sea que a medida que el agua se calienta hay que ir disminuyendo esa diferencia de altura, hasta llegar teóricamente a cero altura para bombear (en la práctica esto es teórico, ya que tenemos que vencer todas las pérdidas de carga de la succión para evitar que se forma vapor a la entrada de la bomba, por lo que si bombeamos agua de a 100ºC debemos pensar que el tanque debe tener una presión no menos de 5 m.c.a. desde su superficie a la entra de la bomba y la instalación de succión adecuada, si el tanque de alimentación trabaja a más de 100ºC cuando tiene la función de "desareador" del agua, la presión del vapor en la cámara de vapor compensa a la presión generada por la temperatura del agua y su efecto es nulo, o sea, aunque el tanque tenga presión de vapor saturado esta presión no influye en la succión, hay que seguir manteniendo la presión positiva de la altura sobre la succión de la bomba de alimentación, error que muchos se han "comido" y han tenido problemas con las bombas). Este es un tema un poco complicado de entender en teoría, pero en la práctica lo pueden comprobar (muchas calderas con los tanques de alimentación muy bajos o las instalaciones de succión mal hechas, tienen que tirar condensado y agregar agua fría

de reposición para que la bomba alimente la caldera, esto es una gran pérdida).
Cuando las bombas cavitan, se estropean, ya que la "implosiones"de la cavitación sobre la superficie de los álabes (lado contrario al empuje), produce una erosión por corrosión mecánica de esta "implosiones", que si los rodetes son de bronce y el agua de alimentación contiene amoníaco en alguna de sus formas, el ataque es mucho mayor y destruye a los rodetes en días de marcha. He tenido resolver estos grandes errores en plantas importantes, que las bombas de muchos miles de dólares no duraban más que un par de meses.
Veamos un PDF sobre la presión del agua y su temperatura en referencia a la presión atmosférica que solo varía por altura y las condiciones meteorológicas.



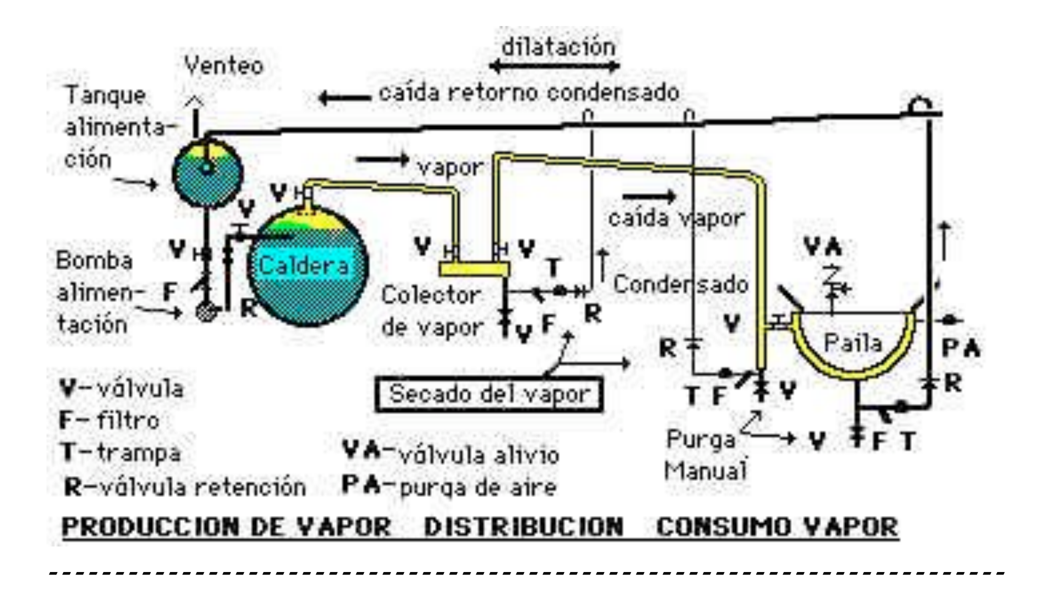
¿Los "by-pass" de las trampas de vapor hay que hacerlas por "arriba", por el "costado" o por "abajo" de la trampa de vapor y cual es la razón?

Este es un tema muy común y por lo general con errores en la instalación que tienen sus costos extras con el tiempo.
Contestemos de a una y dejemos la correcta para el final.
1-Si pongo el "by-pass" (la purga manual directa, dejando la trampa anulada) y la cañería está por "abajo", cuando la trampa está en

servicio o parada (sin la purga manual abierta y aún con ella, ya que tenemos una válvula que hace de "trampa manual" que divide la cañeria baja en dos "lados", lado de presión y lado de descarga sin presión o presión muy baja, lo que hace que una de los dos lados o los dos permanescan inundados de condensados, generalmente corrosivos al estar frío, por la carga de CO_2 disuelta, que es un ácido débil pero corrosivo y con la presencia de oxígeno mucho más y posibles barros decantados que también generan corrosión por el diferencial debajo del barro y el condensado). Por más que la purga manual de limpieza (que descarga a la atmósfera o sea al piso) por más que se habra la otra parte de la cañeria conectada al retorno quederá inundada, por lo tanto habrá corrosión en marcha y parada en este lado de la válvula de purga manual del by-pass. En una palabra, es una mala idea poner el "by-pass" por debajo de la trampa, la corrosión será siempre un problema.
2-Si pongo el "by-pass" de la trampa por el costado, tendremos el mismo problema que si lo ponemos por debajo (quizás un poco menos, pero corrosión al fin).

3-Lo correcto es poner el "bay-pass" de la trampa por arriba, de esta manera estará siempre vacío (cuando está parado habrá que dejar la purga al "piso" de puesta en marcha y limpieza de la cañería que hace de "pié" como trampa de sólidos en la cañería que alimenta la trampa (esta cañería que hace de decantador de "sólidos" pesados, se acumulan en la cañeria de no menos de una pulgada en este tramo debajo de la purga de un largo de unos 200-300 mm, pero directo la caño de bajada de condensado a la trampa de vapor y que debe ser por lo menos de la dimensión de la cañería de bajada a la trampa con una válvula esférica de pase total en la parte más baja, de manera de que al purgar saque todos los sólidos depositados, especialmente al momento de la puesta en marcha o cada tanto de marcha. Es decir, debemos evitar que se depositen sólidos por encima de la alimentación a la trampa, aunque esta siempre debe llevar un filtro de una malla de pequeña dimensión para evitar que el asiento de la válvula de la trampa se "raye" (por el pasaje del condensado a gran velocidad y que si lleva sólidos hace un "arenado" rayando todo el asiento y estropeando la trampa).
Tampoco debemos de olvidar, la descarga automática o manual de los gases livianos y pesados, que si no los sacamos algunos tipos de trampa se pueden bloquear (especialmente las de flotador y las de "balde invertido", que si bien son caras de instalar son las más económicas en funcionamiento, especialmente las de "flotador", no utilizan el vapor para funcionar como las trampas termodinámicas que terminan siendo baratas de comprar pero caras por el consumo extra del vapor que las

hace "cerrar" o "bloquear" cuando recién lo detectan la presencia de la temperatura del vapor).
Esto parece un tema menor, pero es muy importante, una planta puede perder un alto porcentaje de Eficiencia si la instalación no contempla la elección de la trampas y su forma de instalación y control, en general es casi un oficio para un oficial instalador (pero lamentablemente se ven muchos errores).



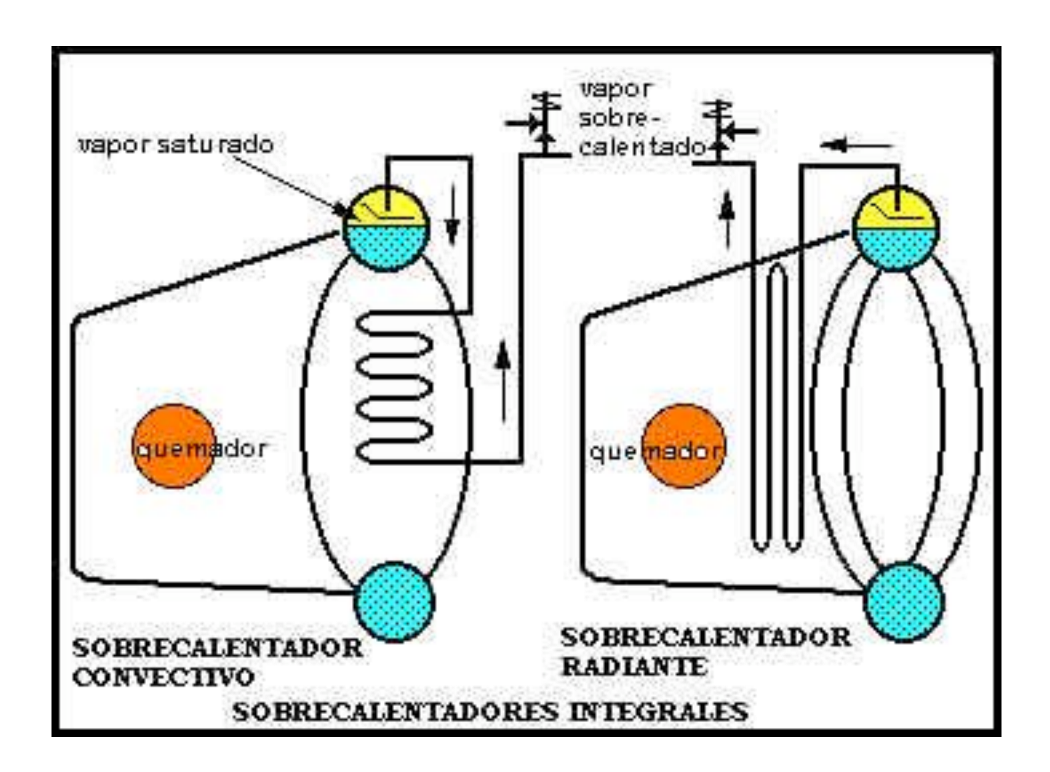
¿En mi planta de vapor generamos vapor sobrecalentado a media presión, pero parte del vapor debemos de bajarlo a baja presión de vapor saturado (5 Kg/cm2), si bien tenemos un "des-sobrecalentador" con agua destilada (desmineralizada por intercambio, porque es vapor sobrecalentado y no se
debe usar agua con sales , pulverizamos la misma a cierta temperatura unos 100ºC), y luego de tener la presión de 5 Kg/cm2 (con una válvula reguladora) nos encontramos que el vapor de baja (5 Kg/cm2) no es vapor saturado a pesar que le bajamos la temperatura a vapor saturado cuando la des-sobrecalentamos, pero al bajar la presión de este vapor saturado nos "aparece" un cierto grado de recalentamiento (sobrecalentamiento), cree Ud. que se debe a que usamos agua a100ºC en vez de agua fría, nadie en la planta me sabe explicar, o falta más agua en los rociadores de des-sobrecalentamiento?

Bueno, este es un tema que se habla poco y en todas las plantas que bajan la presión de vapor saturado por alguna razón, se produce un vapor de bajo sobre-calentamiento, proporcional al "salto de presión". En este caso el vapor de "alta" queda vapor saturado, pero al bajar su presión no produce un vapor saturado, sino un vapor con cierto grado de recalentamiento (de unos pocos grados, dependiendo del salto de presión, a más salto de presión más sobre-calentamiento, que en la mayoría de los casos pasa desapercibido porque este vapor a la presión correcta pero sobre-calentado, se enfría por las pérdidas y cuando llega al consumo es vapor saturado por lo general (que puede ser vapor "seco" o si la temperatura baja por demás es vapor "húmedo").
Podría explicar lo que ocurre usando tablas (como las tablas de Moliere u otras, pero en general no se manejan en el lenguaje nuestro diario, usa unidades como "entropía", "entalpía", que hay que estar familiarizados con su uso y por lo general son más difíciles entender en la práctica de cada día de los operadores).
La base de la medición de calor en nuestro lenguaje es que 1 Kilocaloría (es el calor en elevar un 1ºC un kilo de agua que podemos asimilar a un litro, entre determinado rango de temperaturas, generalmente a 4ºC se toma como referencia, ya que varía a otras temperaturas un poco. A groso-modo en la práctica, cuando calentamos 1 litro de agua para el mate a 80ºC y el agua estaba en la canilla a 20ºC, podemos decir que al agua le hemos introducido una cantidad de calor equivalente aprox. a 80-20= 60 Kcal/k.. Y como todo sabemos, podemos poner un termómetro para medir estas temperaturas, por lo general usamos el "dedo" y esto nos dá esta temperatura que la calificamos con calor "sensible" (que la sentimos en nuestra sensibilidad a la temperatura que tenemos en la piel, no confundir con "audible" (cuando esperamos que la caldera empiece con distintos sonidos al acercarse el hervido, evaporación a 100ºC, método que yo uso, al primer "pitido"o unos 80ºC que en la superficie de intercambio que está más caliente empieza a vaporizar hasta llegar a la ebullición que toda el agua estará a 100ºC por estar en contacto con la atmósfera, caso distinto a una olla a presión que se asimila a una caldera).
Pero podemos hablar de "calor latente" (el calor de vaporización o sea el mismo que calor de condensación), ya su nombre lo dice: "latente" (que está allí y no lo podemos sentir o calcular por nuestros sentidos, hay que cuantificarlo por medio de mediciones, como ocurre con el vapor de agua, un agua que calentamos a 100ºC absorve 100 Kcal, pero la sentimos que va subiendo su temperatura. Si le agregamos calor empieza a evaporar manteniendo constante la temperatura ,"sensible", pero aumentando su "calor latente" que está en el vapor, si al llegar a 100ºC

si estamos en contacto con la atmósfera, caso de una caldera para tomar mate (que hemos consumido 100 Kcal/kilo si partimos de 0ºC y llegamos a 100ºC) y queremos evaporar toda esa agua (1 kilo) hasta que quede seca la caldera, el calor que debemos agregar es aprox. 540 Kcal/kilo. En una palabra, la suma del "calor sensible" en calentar y el "calor latentente" en vaporizar, nos dá el "calor total" (100 Kcal/K + 540 Kcal/K = 640 Kcal/kilo). Vemos que si nos llevó unos 5 minutos calentar el agua a 100ºC, evaporar toda esa agua con el mismo fuego nos va llevar como casi cinco veces más o sea unos 20 a 25 minutos, lo que deja en claro cual que el calor "latente" de vaporización es muy superior al que pueda ser el el calor "sensible" del agua, y e aquí una de las ventajas del uso del vapor, pero la otra es que el proceso de utilización de ese calor "latente" es a temperatura constante, recién cuando no haya más agua para evaporar, recién se podrá hablar de vapor sobre-calentado, y el en el uso del vapor cuando condensa el proceso es el inverso, condensa a temperatura constante y esto es muy beneficioso en la mayoría de los procesos de su uso (procesos alimenticios como industriales), salvo en algujos procesos de regulación de temperatura muy "fina" como las malterías es mejor el uso de agua caliente (con el que con la circulación de la misma se podrán regular regulaciones muy pequeñas de temperaturas, cosa que con vapor no es casi posible, lo sé por experiencia, he tenido que corregir malterías de gran tamaño que se cometió el error de poner vapor en vez de agua caliente para calefacción de las temperaturas de muy bajos valores y gradientes de cambio muy lentos).
Las tablas de vapor comunes de uso práctico, por lo general se pueden "entrar" en los valores para cada condición por presión absoluta (es la presión referida a la presión teniendo en cuenta que existe la presión atmosférica, que para obtenerla hay que sumarle la presión de la atmósfera a la presión manométrica o sea que indica el manómetro por lo general de las calderas) o entrar en la tabla por temperatura referida a 0ºC como partida. Si queremos saber si un manómetro indica presión absoluta, al exponer a la atmósfera su conexión, el manómetro indicara 1 atmósfera (1.033 Kg/cm, pero se habla de atmósfera técnica que equivale a 1 K/cm2)
Si la presión manométrica es de 10 K/cm2, su presión absoluta es de 11 atmósferas absolutas (técnicamente le hemos sumado 1 o sea uno, o si trata de libras por pulgadas cuadradas, que en Uruguay no se usa, hay que sumar el equivalente en libras por pulgadas cuadradas de la presión de la atmósfera).
Ahora, si tenemos un vapor a 19 K/cm2 (o sea 20 atmósfera absolutas, ATA) y queremos bajar la presión a 5 K/cm2 (6 atmósferas absolutas o

ATA-Atmósfera Técnica Absolutas- para entrar en la tabla), veamos por comparación los calores Totales como se reparten en cada una de estas presiones en "calor sensible" y "calor latente".
A 19 K/cm2 o presión absoluta 20 atmósfera (temperatura saturado 211º) , el "calor total" es de 668,5 Kcal/k (la suma de el "calor sensible" o del agua y el "calor latente" referido los calores a producir la evaporación desde 0ºC a la presión que consideramos), 215,8 + 452,7 = 668,5 Kcal/k.
A 5 Kg/cm2 o sea 6 atmósferas absolutas (ATA), cuya temperatura saturado
es de 158ºC, el "calor total" es de 657,8 Kcal (la suma de el "calor sensible" o del agua y el "calor latente" en producir la evaporación, 159,3 + 498,5 = 657,8 Kcal/k.
Si bien la diferencia visible es la presión y la temperatura ("calor sensible"), si hacemos la diferencia entre el "calor total" en ambas condiciones, veremos que tenemos una diferencia de 668,5 - 657,8 = 10,7 Kcal/k.
Pero, hay que considerar que bajar la presión es un proceso que no hay intercambio de calor entre el proceso y el ambiente (aunque se produce un cierto consumo de calor en el aumento de volumen del vapor o sea "expansión", calor que sale del propio vapor a más alta presión, este calor es la diferencia de los "calores latentes", o sea 498,5 - 452,7= 45 Kcal/k y además que lo tomamos del "calor sensible" ya que la temperatura baja, pero no baja en este caso del todo, porque nos sobra "calor sensible" que necesariamente quedará sobrecalentando el vapor unos grados (por cada 1 K de vapor saturado, con solo aprox. 0,47-0,5 Kcal/k sobrecalentamos 1ºC un kilo ed vapor y como vemos "nos sobran" 10,7 Kcal/k, esto significa un "sobrecalentamiento" de unos 20ºC sobre la temperatura del vapor saturado a 5 Kg/cm2 usando números aprox.
En una palabra, es una buena herramienta, hacer un salto de presión de alta a baja si necesitamos vapor seco en algún proceso especial (hay que tener en cuenta que es mejor para el intercambio el vapor húmedo, su film de transferencia de calor en las superficies de intercambio mojada es mejor para la transmisión del calor, no así el vapor sobre-calentado se comporta más como un gas y es un mal transmisor del calor.
Como ven, no es fácil en "criollo" explicar este comportamiento del vapor, pero hay que tener claro, cada vez que a un vapor "saturado" le bajamos un cierta cantidad de presión se producirá un "sobre-calentamiento" o un vapor seco, en vez de seguir siendo húmedo
(pero que por lo general le quitamos importancia, ya que las pérdidas térmicas de las cañerías entre la reguladora de presión y el uso del vapor, este llega como vapor saturado o en la mayoría de los casos como

"vapor húmedo" (ya que las aislaciones por lo general brillan por su ausencia y estos son pérdidas considerables).



¿Como medir la capacidad de generación de una caldera a vapor de baja presión o por lo menos estimarla?

Bueno, aquí hay muchas contestaciones, todo depende de la precisión que deseamos y la validez del dato si se necesita en forma instantanea o diferida o a para determinadas condiciones (máxima vaporización).
Todos sabemos, creo, que la máxima producción de una caldera de vapor es la capacidad de su superficie de intercambio, que si intentamos superar esa capacidad lo primero que nos pasa es que perdemos Eficiencia (desaprovechamos el combustible tirándolo como calor y gases sin quemar

por la chimenea), ya que si superamos la capacidad de transferencia la transferencia de calor limitada por esta superficie y sus condiciones locales (incrustaciones, barros, circulación limitada, el vapor es aislante frente a la capacidad de absorber el calor comparado con con el agua, etc.), al no poder transferir todo el calor, las superficies de calefacción se irán "sobrecalentando el metal" hasta llegar a temperatura que podrán provocar hasta el "quemado" del metal. Por eso, para no pasar la capacidad máxima de una caldera debemos conocer los parámetros a controlar, con medidores de vapor o combustible o de una manera muy práctica con termómetro en chimenea permanente de la lectura de la temperaturta de los gases de chimenea, hay un máximo de temperatura que no debemos sobrepasar, ya que por encima de esa temperatura estamos corriendo riesgo de quemar superficies de transferencia (pero hay un caso que no representa peligro mayor, que es cuado la caldera está sucia, o sea aislada del lado gases, con hollín acumulado (por eso este termómetro me permite controlar cuando debemos limpiar la caldera, ya que 10ºC de suba de la temperatura comparada con la caldera limpia y a la misma capacidad, estamos perdiendo combustible o sea plata por la chimenea, más vale gastar en jornales que tirar dinero. El dato de la temperatura de los gases de chimenea máximo o cuando la caldera está a la capacidad máxima la pueden sacar de los datos del suministro o cotización de caldera por el fabricante. Por lo general se puede decir que una caldera de 2 pases hasta unos 300ºC la temperatura puede llegar, pero por lo general si tiene torbellinos o retardadores se podría esperar un máximo de 280ºC (la presión del vapor influye, por lo general puede ser unos 100ºC arriba de la temperatura del vapor saturado-agua), si la caldera es de 3 pases la temperatura puede ser unos 260ºC o un poco menos, pero no mucho menos, por eso lo conveniente es poner recuperadores de calor si es posible.

Lo más directo y seguro es tener medidores de vapor, combustible o agua de alimentación, pero como son elementos caros para su instalación, que requieren mantenimiento y reparación casual, lo cual por lo general el costo comparado de la caldera mucha gente no lo justifica (yo diría que a partir de los 5.000 Kg/h de vapor es conveniente disponer de algunos de estos valores graficados, con un control de las 24 horas muy útil para muchas decisiones, no solo como dato limitante de capacidad.

Si tenemos un solo medidor de los anteriores indicados, el del vapor y del agua ya nos dá directamente la capacidad de generación de la caldera en forma instantánea u horaria si es integrada.

Si medimos solo el combustible, para calcular la producción de vapor debemos de hacer algunos pequeños cálculos, como el cálculo de

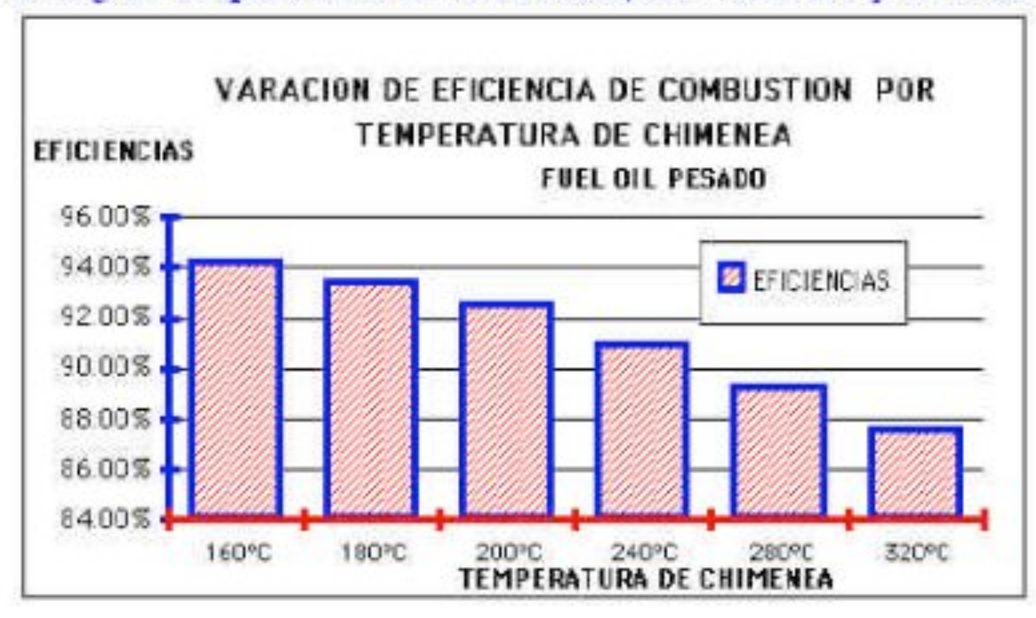
producción de 1 kg. de combustible a esa presión y para ese combustible (esto se hace midiendo la Eficiencia de Combustión y Transferencia, que mide lo que perdemos por chimenea, el cual restamos del Poder Calorífico Inferior del combustible que tomamos como el 100% si no tuvieramos pérdidas (en el caso del F. Oil, serían aprox. 9700 Kcal/kg y por lo general restada la pérdida de chimenea podemos pensar en una recuparación del calor del 85% a groso modo si la temperatura no es muy alta en chimenea, es decir que vaporizamos con el 85% de 9700 Kcal/k, que si la cualidad del vapor según la presión como dato de calor necesario para vaporizar desde la temperatura del agua de alimentación, entrando en una tabla de vapor, teniendo en cuenta que el Calor Total es tomando la presión absoluta, nos dan las calorías necesarias para vaporizar un 1 Kg. de agua en esa caldera y para esas condiciones de medición de los gases de chimenea, y diviendo el calor calculado del combustible aprovechable por este vapor, nos dan los Kilos de vapor por K de combustible o sea en el caso del F. Oíl si es pesado es igual que por litro. Con los datos obtenidos del consumo de combustible, en esta caso del F. Oíl Pesado, si lo multiplicamos por los kilos calculados de producción por litro de combustible, nos dará con bastante aproximación la producción de vapor en esas condiciones.
La medición de la Eficiencia de Combustión y Transferencia (la pérdida de chimenea que se resta de 100%), es muy fácil de calcular, con la temperatura de chimenea, midiendo el exceso de aire con el residual de O2% de la combustión o CO2%, entramos en una tabla de curvas de relación
de estos valores en los gases de chimenea y el exceso de aire (considerando que no hay gases no quemados en cantidad significante o CO). He puesto tablas de cálculo rápido en el "Pequeño Manual del Foguista" para combustión completa, referida al PCS o al PCI, que permite el cálculo rápido de la Eficiencia de Combustión y Transferencia (lo pueden bajar aquí:

https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing

(que incluso las pueden recortar y hacer una "reglita" de bolsillo para hacer el cálculo de lo que pierden por los gases de chimenea por exceso de aire o exceso de temperatura, comparando con las condiciones normales
que debiera funcionar). He tomado valores estandar de temperatura ambiente de 20ºC, aunque la variación influye con la temperatura de ambiente de la sala de calderas, pero no mucho, ya que 20ºC es una

temperatura promedio.
Lo otro sería, disponer a medir con "corridas" del tanque de agua de alimentación, sabiendo o calculando el volumen consumido en determinado tiempo y temperatura ambiente (al final del "Pequeño Manual del Foguista" encontrarán como medir practicamente un tanque de alimentación cilíndrico entre alturas de nivel estando horizontal).
Y otro sería medir el combustible, una corrida con el tanque diario o servicio de combustible, o peso de la leña (teniendo en cuanta su humedad en el cálculo) y en gas por lo general hay medidores del volumen del gas. Los valores aproximados de producción de caldera combustión son los siguientes (calculados por mí, con acierto o error , para la práctica):
Podemos establecer las siguientes relaciones aprox. para caldera de vapor saturado entre 7 a 10 Kg/cm2 de presión :
1 L. F. Oíl pesado...............................12,5 a 14,5 Kg. de vapor .
1 Kg. leña 25H.b.h.................................3,8 a 4,8 Kg. de vapor .
1 Kg. de cáscara de arroz 10%H.b.h....3,6 a 4,2 Kg. de vapor .
1 m3. gas natural (Pay.) ....12,5 a 13,5 Kg. de vapor .
Estos valores están relacionados al diseño de la caldera.

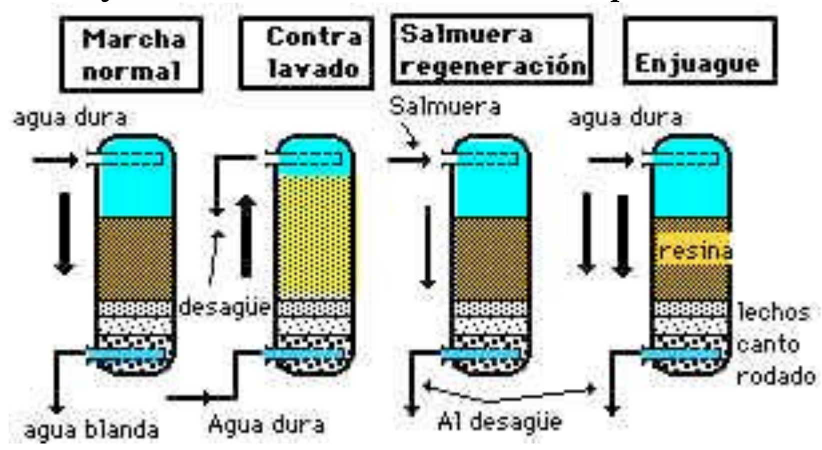
Como ven, es un tema apasionante, que todos debemos conocer para hablar de calderas, comparar, comprar y atender.



¿Que medidas debo tomar si uso agua de OSE (superficie) ablandada y como emergencia alternativa agua de pozo ablandada?

Primero entremos en consideración a que parámetros responden estas aguas
y cuales son sus deferencias. El agua de superficie (OSE en general, aunque en algunos casos pueda ser agua de pozo en poblaciones alejadas de los ríos), la salinidad del agua de superficie es mucho menor, la Dureza Total también, incluso los cloruros y las alcalinadades fundamentalmente (formadas por los bicarbonatos de calcio y magnesio que forman la Dureza Temporaria más los bicarbonatos de sodio), respeto a las agua de pozo, que tienen muchos más sales, más Dureza Total mucho mayor, cloruros más altos, y especialmente las alcalinidades son por lo
general mucho mayor que las aguas de superficie, incluso la sílice que hay que cuidar su concentración en la caldera.
Al ablandar el agua, la Dureza Temporaria se transforma en Bicarbonatos de sodio, que se suman a su vez a los bicarbonatos (carbonatos) de sodio que trae el agua, lo cual un agua blanda de pozo es un agua con una altísima cantidad cantidad de bicarbonatos de sodio, que al descomponerse al entrar en contacto con el agua de la caldera caliente, en soda "libre" o sea hidróxidos de sodio. Siendo el hidróxido de sodio el principal responsable de formar el PH. Una caldera que trabaje a 12 ciclos de concentración con agua de OSE (ejemplo Montevideo), dificilmente pueda trabajar con tantos ciclos de concentración si fuera agua de pozo, que si vengo usando agua de OSE y al pasar imprevistamente a agua de POZO ablandada (mucho más cargada de soda), el PH de la caldera, normalmente se trabaja a PH10,5 a PH11,5, se disparará brutalmente, lo que producirá en la caldera un PH muy elevado, lo que provocará arrastres de agua proporcional a ese PH por encima de PH11.5 (además con loa acumulación de otras sales que colaboran a provocar el arrastre), pero el PH tan alto no solo produce arrastres, sino que provoca distorsión de la tenso-actividad que puede provocar problemas en la circulación interna del agua y por ende del enfriamiento de las superficies de intercambio. Además a medida que sube el PH por encima de PH11,5, la superficie protectora de óxidos magnéticos tiende a disolverse y las superficies internas de la caldera quedan desprotegidas y comienzan a perder no solo protección contra las corrosiones sino que permitiendo que el hierro emigre hacia el agua

perdiendo espesor especialmente las paredes de los tubos y del hogar.
O sea, si debo pasar a agua de pozo usando agua de OSE, debo inmediatamente abrir la purga contínua lo suficiente para mantener una purga que mantenga el PH por debajo de PH 11,5 y el TSD disuelta en menos de 3.000 ppm (si son calderas de baja presión), y este aumento de purga debe ir acompañado del aumento de consumo productos químicos (incluso el cambio hasta del uso de productos que afecten el PH).
Aclarar que los ciclos de concentración son las veces que se concentra el agua de reposición (si tomamos el ión cloruro como referente en ambas agua, midiendo los cloruros del agua de la caldera, que lo dividimos por los cloruros del agua de reposición nos dá las veces que se concentra el agua que reponemos y que la inversa de los ciclos de concentración por 100 nos dá el porcentaje de purga sobre el agua de reposición que debemos hacer en el agua de caldera.
El operador ya debe tener claro, que inmediatamente que se pasa a agua de pozo debe abrir la purga contínua lo suficiente para mantener los valores que hemos dicho y que además la regeneración de su ablandador tendrá que hacerse más a menudo al tener que ablandar un agua mucho más dura, es posible que en vez de regenerar una vez por semana deba hacerlo 2 o 3 veces (controlar seguido con indicador de dureza cada par de horas hasta tener claro cuanto va a durar el ablandador y después que uno tenga un idea de la carrera del ablandador controlar una o dos veces por turno).
Estos cambios imprevistos de agua sin tomar medidas, son causa de muchas
fallas y aún accidentes en calderas en pocas horas de marcha.



¿Que tengo que tener en cuenta cuando se hace una limpieza química en mi caldera?

Este es un tema de suma importancia, no importa si es Ud., un asesor privado o una empresa tratamentista, lo que importa es que su empresa siempre se verá afectada, por la seguridad y por el éxito o el daño que se produzca en su caldera.
Una limpieza química requiere mucho conocimiento de los procedimientos en todos los sentidos, y esto se aprende de la práctica y a la "sombra" del "maestro" que nos enseñó y acompañamos en algunas limpiezas químicas.
Si bien hay varios ácidos que se pueden usar, todos pueden desprender hidrogeno (H2) por la reacción del ácido con el metal, que es casi inevitable 100% que no ocurra y que es muy explosivo, por lo cual se debe tener conciencia que hay que tomar medidas. Lo mejor es tener una muy buena ventilación y extracción de los gases y cambios de aire necesarios, especialmente en la zona de descarga de los gases del interior de la caldera (que muchas veces es la propia entrada de hombre, que oficia para introducir los ácidos, ventear y controlar el comportamiento mecánico de la reacción, pero lo mejor es intalar un venteo de no menos 4" al exterior desde una válvulas de seguridad que se quita (sus efectos de desprendimiento de gases, como el CO2 de la reacción del ácido con los carbonatos, que muchas veces es muy violenta en el primer momento, pudiendo provocar un "vómito" de espumas y agua con ácido hacia el exterior, no solo mojar la caldera y motores de los alrededores, sino quemar alguna persona que ande en la "vuelta" observando (aunque tenga protección básica de máscara, lentes, guantes, botas de goma y ropa adecuada), por lo tanto no hay que facilitar la exposición corporal en los primeros momentos que se pone el ácido sobre la entrada de hombre, empezar con el mínimo nivel de agua y lentamente introducir el ácido, porque hay un aumento de volumen por las burbujas interiores al líquido desprendidas de la reacción del ácido con las incrustaciones, como una ebullición violenta al principio (en su total mayoría CO2), lo que conviene tener una manguera de incendio o similar para hacer un barrido de las espumas y agua que puedan proyectarse hacia afuera y mojar las envueltas y los motores eléctricos (que deben ser tapados). Y SIEMPRE UN BUEN BARRIDO CON VENTILADOR Y EXTRACCION DE LOS
GASES DE LA SALA Y NO ASOMARSE SOBRE LA ENTRADA DE HOMBRE CON UNA LUZ
QUE NO SEA ANTI-EXPLOSIVA Y DE BAJO VOLTAJE, ESPECIALMENTE SOBRE EL FINAL DE LA ACCION DEL ACIDO DONDE LA PROPORCION

DEL HIDROGENO ES MAYOR RESPECTO AL CO2 (que actúa como un diluyente frente a la mezcla explosiva).
Tener muy en cuenta si el ácido a utilizar es compatible con metal de la caldera (por ejemplo: el ácido clorhídrico es el mejor ácido para limpiezas químicas de caldera en su etapa ácida, pero deberá ser compatible el metal de la caldera o sea, no ser calderas con partes de acero cromo-niquel con en algunos sobrecalentadores de alta presión y temperatura, que de alguna manera deberán quedar fuera de circuitos si fueran de esta alección), usar los inhibidores o protectores del ataque del ácido con el metal, no todos los inhibidores se comportan igual, además hay que tener en claro entre que temperatura estos trabajan protegiendo al metal del ácido, pero hay que considerar la temperatura de mejor comportamiento del ácido (el ácido clorhídrico trabaja mejor arriba de los 60ºC, pero conviene no superar los 80ºC (Y JAMAS PRENDER EL QUEMADOR CON ACIDO EN EL INTERIOR DE LA CALDERA, ESTO ES NEFASTO).
El tiempo de permanencia o circulación del ácido debe ser monitoreado permanentemente (por obsrvación si vemos el interior de la caldera por la entrada de hombre y quimicamente controlando el % de ácido máximo cuando lo estamos poniendo y fundamentalmente tomar la decisión adecuada cuando para la etapa ácida, que debe ser lo antes posible (es decir, que tiempos muy largos de circulación o permanencia puede tener efectos muy nocivos en el metal, por lo general mi plazo máximo es de 12 horas para el ácido clorhídrico a 60º C y concentraciones de inicio de 5% sobre ácido puro (15% sobre ácido comercial al 32%), es preferible que la limpieza no sea demasiado "profunda" a abusar con ponerle mucho más tiempo, ya cuando el % de ácido residual se estaciona por más de 1 hora es momento de parar la etapa ácida, generalmente a las 10 a 12 horas e inmediatamente enjuagar y neutralizar y pasivar, todo sin dejar momentos "muertos" con la caldera vacía, especialmente con la etapa ácida, he visto estropear muchas calderas por abusar en la creencia que "poco % de ácido y mucho tiempo hará mejor el trabajo", por lo general se termina estropeando la caldera.
Tirar los reactivos químicos respetando el medio ambiente es fundamental, cuando "tiramos" el residual del ácido (por lo general en ácido clorhídrico a menos del 1%), hacerlo reaccionar fuera de la caldera: con cal en polvo, soda como ceniza de soda o soda líquida al 50%, en un tanque exterior o en el pozo de purga si es adecuado y la mezcla para la reacción es buena (agitando si es necerio con aire con una manguera introducida).
Recordar que los gases de algunos ácidos son muy nocivos (en el caso del ácido clorhídrico, que es un ácido formado por una molécula gaseosa en

el medio ambiente y que está disuelto este gas de ClH agua (como sucede con el amoníaco), pero poner el ácido lentamente en interior de la caldera con agua caliente a 60-80ºC, el ácido sufre un desprendimiento que se va con los gases de la reacción química con la inscrustaciones con carbonatos (dureza temporaria por lo general que ha precipitado como incrustación de carbonatos), lo cual sobre el final de la limpieza en CO2 de la reacción disminuye casi a cero y los gases son más cargados de ácido como el clorhídrico a pesar que su concentración va bajando al mínimo en el cual se decide sacar el ácido.

Hay que tener en cuenta que las limpiezas químicas son muchas veces en 3 actos:

1-Hervido alcalino con un 75% de la presión de trabajo (2% al 4% de soda en el agua), 2-Etapa ácida, previo enjuague de la soda del Hervido, el agua antes de poner el ácido a 60ºC a 80ºC calentada con el quemador pero sin ácido, 3-La etapa de neutralización y pasivación, previo de un buen enjuague del ácido y en forma inmediata en el mismo día, la neutralización con soda 2% aprox y productos pasivantes, con presión al 75% de la presión de trabajo por no menos de 24 horas, y luego enjuague, manguereado y limpieza mecánica del interior de la caldera sacando todas las tapillas (se acumulan barros en las parte bajas), incluso sacando las bridas de los colectores y limpiar los barros caídos (claro, en la 3 era. Etapa de neutralización y pasivación, no usar el vapor y purgar muchas veces con el quemador apagado, purgas largas y repetidas cada hora, de colectores y de fondo).

Al elegir la máscara de respiración para protección hay que asegurase que sean adecuadas para proteger de los gases de los ácidos que usaremos y su concentración en el ambiente (generalmente son de carbón activado, pero hay que ser cuidadosos de usar filtros o cartuchos nuevos, que el carbón activado esté sin saturar y que sean para la concentración del ácido máxima posible, o sino utilizar caretas con aire auxiliar de baja presión y sin aceite, aunque los sistemas autónomos no soy adecuados para movilizarse.

Además hay que tener mucho cuidado con el uso de la soda, la disolución de soda cáustica desprende gases muy dañinos para el ser humano, por eso

aconsejo tomar medidas de seguridad y poner siempre la soda lentamente en el agua o mejor usar soda "líquida" a 50% como máximo.

Luego hacer todas la pruebas de inspección (incluso una prueba hidráulica de estanqueidad) y una muy buena inspección visual sacando fotos testigos para el futuro.

En mis investigacones para la fábrica de calderas, me encontré con calderas estropeadas de apenas dos años de uso, que se han incrustado y

no tubieron mejor idea de ponerle ácido clorhídrico en muy baja concentración y dejarlo una semana con la caldera inundada (los tubos quedan como piedra pomez, pequeñas perforaciones menor a un alfiles se notan cuando se hace una prueba hidráulica de estanqueirad y se deja la caldera con presión hidráulica una hora o más, los tubos parecen una membrana de ósmosis inverso, la única solución es cambiar todos los tubos. Por eso hay que informarse muy bien antes de hacer una limpieza química y estudiar el procedimiento muy cuidadosamente con un técnico de

reconocida experiencia (que no soy fáciles de encontrar, por lo general muchas limpiezas químicas no todo lo buena que puedieran haber sido, no por limpiar la corrosión, sino por el ataque que se ha producido al metal. Revisar bien el interior de la caldera, por se han dejado elementos que puedan perjudicar la circulación interna, expresamente en calderas nuevas y luego del hervido alcalino y pasivación para la puesta en marcha (me paso un caso extraordinado, hice un hervido en una caldera grande en una empresa del estado, y cuando terminé el hervido pedí que me abrieran la caldera, pero como en la entrada de hombre del domo superior llevaba una junta "expiro-metálica", no me la querían dejar abrir por el costo de la misma, que hay que cambiar si se abre la tapa de hombre, me negué aceptar que me dijeran que nó, y logré que me abrieran la caldera, saben que encontré ? , un tablón de 2" de 5 metros de largo y unos 35 cm de ancho, lo habían utilizado para armar el separador de vapor y se olvidaron de sacarlo, mucha gente trabajando en la planta, estas cosas pasan, por eso hay que revisar. Se imaginan que hubiera pasado con la caldera y las turbinas si hubieran marchado con el tablón que se iría descomponiendo y tapando tubos que se quemarían o hasta ir en el vapor pequeños trozos que taparían todos los filtros y que si llegan a los álabes de las turbinas, se estropearían, por eso llevan filtros las líneas de vapor para las turbinas y otros usos, incluso trampas, por si se arrastra un cuerpo extraño.



¿Tengo un "problema"........sientos golpes muy fuertes en la cañerías de vapor, que puede ser?

Bueno, lo primero, no tienes un "problema", tiene una "oportunidad" de investigar, aprender y "compartir", o sea los "problemas en la vida son oportunidades" que nos enseñan y justifican nuestro profesionalismo. Ruidos y golpes de cañerías de vapor significa "arrastres de agua", esto en general no afecta a la caldera, pero puede afectar mucho al sistema de vapor, especialmente si tenemos turbinas de vapor o equipos delicados que alimentamos con vapor o vapor que entra en contacto la producción. Partiendo de que seguro que son "arrastres" del agua de la caldera hay que investigar en una visión panorámica: primero, ver si el nivel del agua no está demasiado alto, segundo si los análisis del agua de la caldera están adentro de los límites admitidos y que no se han equivocado con los productos químicos que están poniendo, estando las dos primeros casos, no hay que descartar que la caldera pueda estar trabajando con exceso de consumo de vapor. Estando todo lo anterior correcto, habrá que pensar en "contaminaciones" que vienen en el: a-agua de reposición, b- contaminación de los retornos de condensados,

c-contaminación por las propias cañerias de vapor en contacto con productos contaminantes, que entran al sistema cuando el vapor baja de los 100ºC y se produce "vacío", y etc. como hasta de un sabotaje de un desconforme e inconciente que mete algo en el agua a propósito como he visto. Etc.

Pondré un ejemplo de algo que me ocurrió hace años y que justo me estuvo hablando del tema el ingeniero que me dió la "oportunidad" (que de momentos el peso parecería aplastarme, era demasiado responsabilidad para mi frente a una institución tan grande y llena de profesionales).
Vamos a la historia:

A raíz que un amigo, ingeniero que ha construido la mayor cantidad de calderas de baja presión en la historia de Uruguay (con una trayectoria de toda una vida en una de las fábricas de calderas), que nos conocimos en 1973 en una consulta que le hice por unas viejas calderas de media presión (3 calderas de 18 Tn/h, a 30 Kg/cm2 y 380ºC de temperatura del vapor) todas con una grave corrosión lado humos de los domos por haber andado por más de 30 años sin el mantenimiento suficiente, pero que las necesitaba sí o sí (solo pude ir con una limpieza a fondo y 3 manos de aluminio alta temperatura como protección anódica y comprarme un biblia,
ya que no teníamos plata para cambiar las calderas (a pesar que se había instalado una de 55 Tn/h de vapor, pero necesitaban 100 Tn/h).
A partir de 1978 pasé a tener un vínculo casi permanente de consultoría de sus calderas con fallas de difícil dictamen.
Mi lema siempre ha sido, la investigación de las fallas en calderas es la madre de los conocimientos que uno va adquiriendo con la práctiva y la base teórica, se necesitan ambas, y compartir con todo aquel que le sirvan estos conocimientos, los libros no enseñan estas cosas, quedan en la teoría......base, pero no es suficiente.
Contaré un caso (que ya lo he mencionado, en parte en este Foro), pero a pedido de mi amigo (ya retirado y un poco mayor que yo), me sugirió que lo contara, será que le gusta "cuentos" con las calderas (aunque tengo otros de la época naval que me costaron la carrera por haber sido afectado físicamente por los hechos, tengo una afección grave de "tinitus" que fue investigado por la Facultad de Medicina y su Rector de la época, y otros centros de especializados en el tema, todos me dieron pronósticos que con los años cada vez iba ser más insoportable, lo cual ha sido cierto, pero bueno, es la vida........hoy tengo cosas peores).
Este "amigo" a casi fines de los años 90, luego de una reforma de la "nuestra" refinería de petróleo (unos pocos meses de terminada la misma

y entregada), en la que habían intervenido 3 grandes empresas de plaza (una de ellas es esta fábrica de calderas), me pidió si me "animaba" a ir a "investigar una falla" en el sistema de vapor, ya que todo estaba en garantía y eran millones de dólares en juego, y los ingenieros de la refinería solo reclamaban que alguien pudiera resolver el tema......
Yo no estaba en mi mejor momento, no hacía mucho me habían operado de cáncer de próstada y solo logré salvar la vida (me quedaron todos los efectos secundarios que puede dejar esta operación, lo de los pañales es lo de menos, pero ya hace 20 años que los cargo...."fantástico" no es, pero "no hay otra"), todo complotando para mi trabajo en las plantas, pero igual fuimos......el único dato que me dieron era que iba ir solo y que la denuncia era que había "grandes golpes en todo el sistema de vapor".......
Para mí seguro que eso eran "arrastres" de agua....pero porqué tantos arrastres y que daños podría ocasionar o ya habría ocasionado?. Había dos turbinas instaladas, una solo tenía unos 3-4 meses de marcha, nada más.
Mi problema no es la falta de "coraje" de ir solo, mi problema es que cuando enfrentaba un organismo con muchos profesionales, salían el tema de que "Thomasset no es ingeniero" (no lo seré para la Facultad de Ingeniería, pero tengo dos títulos firmados por el Poder Ejecutivo de la época, uno como ingeniero Electro-Mecánico Naval (cuerpo CIME) con 5 años de estudio y una revalida como Ingeniero de la Marina Mercante.
Yo tenía claro que el cáncer y la otra maleta de males no me frenaría de ir a meter la nariz y "aprender", pero seguro que saltaría antes dicho problema de los títulos.
Voy a los primeros pasos de los hechos:
A las 08.00 de la mañana me dieron la entrevista solicitada por quién me contrataba, pero iba solo.....la portería me llevó a una oficina con mesa larga, que tenía al gerente de planta ya sentado y escoltado por varios ingenieros de cada lado, ...a mí me hicieron sentar en la otra cabecera de la mesa... Aquí empezó la "perodata" para decirme que yo no "calzaba los puntos" para una investigación de esa dimensión en costo que podrían surgir (por daños y perjuicios), que ya habían estado empresas de consultorías extranjeras (Degremont, etc.) y que no habían llegado a nada, y que el único dato que tenían eran "se escuchaban grandes golpes en las cañerías de vapor" y que yo no siendo ingeniero era difícil que pudiera descubrir algo......es decir, les faltó decir directamente que yo no era ingeniero y ellos no podían aceptar una situación así.......
Creo que me levanté y me fuí "sin decir nada", creo que murmuré unos "buenos días". Me fui directo a ver al ingeniero que me había contratado

en nombre de las empresas, le dije lo que había pasado, el pensó unos momentos y me hizo una pregunta:"que tenés que hacer mañana", le dije "que estaba a la orden si me precisaba", levantó el teléfono y habló con alguien y fue bien concreto: "nosotros confiamos en la persona que contratamos, si no lo aceptan nos vemos en dificultades para responder a las garantías", cortó y me dijo, mañana podes venir conmigo de nuevo a la refinería, le dije que sí (lleve como siempre mi "balijita" de mano con mis reactivos e instrumentos, como médico de campaña.
Me dejó en la refinería, pero nadie de los mandos me "dió la hora", tenía solo el dato: "golpes en la cañerías de vapor" y me "valijita viajera" de fotógrafo, con mis reactivos químicos, la mayoría de mi fabricación e instrumentos de medición para control de aguas de calderas y otros usos.
Yo conocía algo la planta, había, meses antes, hecho el hervido de las dos calderas nuevas que se habían instalado de media-alta presión, pero de gran porte.....que también fue un epopeya (que algún día contaré), pero la planta en sí de una refinería con sus turbinas y su complejo uso del vapor, es una "maraña" de caños que habría que tener los planos o haber estado en el montaje, pero yo nada....estaba jugado "a mi astucia" como el Chavo del Ocho o moriría en el intento.
Ya venía con idea que "golpes en las cañerías de vapor" significaba arrastres de agua, si había arrastres seguro que ya habría daños en las turbinas que no se habían dado cuenta, que cuando hay arrastres, hay que investigar una serie de causas: si las calderas trabajan en valores normales de carga (no al 100% de carga), es evidente que hay contaminaciones en el agua de alimentación. Me fuí a una de las calderas, al rato se arrima a mí un señor que me dice: "soy el presidente del sindicato", lo conocemos a Ud. por sus manuales, si necesita algo de nosotros, los operadores, estamos a la orden (ahora es jerarca del gobierno), lo primero que le pedí era si me podía conseguir que tratamiento químico de agua utilizaban y cantidades de productos usaban. Con esos datos, ya tenía la primera pista: primer resultado, el tratamiento era para calderas de baja presión y no para calderas de media-alta presión, las cantidades que usaban de productos eran totalmente exageradas, pero en los análisis del agua de caldera que hice no daban excesos de estos productos, especialmente de los fosfatos, lo que me estaba diciendo que había una contaminación en el agua de alimentación, seguro que entraba dureza, el problema era de donde?. El agua de reposición agua de OSE des-mineralizada, la planta de agua me daba que funcionaba correctamente, primer sospechoso liberado. Así, por varios días que fuí por las mañanas (en que yo con mi físico no tan normal solo aguantaba esas horas), iba analizando paso por paso en

busca de la dureza que entraba en el agua y me preocupación era que al usar fosfatos trisósicos lo que provocaba los arrastres era la acumulación de soda de la reacción del fosfato con la dureza que entraba, cosa muy peligrosa para las turbinas debido a los arrastres, por la erosión mecánica y el ataque del sodio producido con los productos y su reacción con la dureza (pero además la calderas más grande de circulación forzada producía unos "ruidos raros" en el domo superior, muy sospechoso que algo andaba muy mal con el separador de vapor).
Había comenzado un martes (el mismo día que me llevó el ingeniero que me contrato), y ya era jueves y nada. Pero Uds. saben, la mente sigue "trabajando" si estamos preocupados, hasta cuando dormimos. El viernes por la madrugada, mi señora me pregunta: "que te pasa, estas muy dolorido" y le contesto: "no he pensado en eso, he pensado en el problema que estoy investigando y creo que mi mente ha resuelto el problema mientras dormía". Me desesperaba que empezara el día y poder ir a la planta a verificar la posibilidad de que mi mente acertara, le dije al ingeniero encargado que quería una muestra del anillo de alta presión de agua de alimentación que era común para todas las calderas, no encontraba donde estaba el "saca muestras"?. Me dijo: "trabaja a 70 Kg/cm2, no podemos sacar una muestra a esa presión". No dije nada, me fuí a la planta, saqué un manómetro conectado a la cañeria de distribución del anillo y saqué la muestra por mi cuenta, la medí y tenía "dureza" como un 5% del agua de OSE. Me dije, si la planta de agua entrega bien el agua, sin dureza y sin sales en general, en donde entra la contaminación. Fuí midiendo desde la planta de agua hasta la succión de la bomba de alta presión y no había "dureza", la "dureza" la producía la bomba, parecía que se había inventado la creación de la "dureza" de la nada. Estudié la bomba, esta tenía sellos de empaquetaduras de gran dimensión (la bomba era no menos de 150 HP) estas empaquetaduras del lado de succión, necesitan refrigeración por la fricción de las empaquetaduras con el eje de gran diámetro, y se enfrían con agua externa que se supone no está en contacto el agua que se bombea en el propio sello, ya que el agua de enfriamiento recorre los laberintos de enfriamientos de la caja de la empaquedura de bronce para que enfríe mejor. Mi experiencia, tanto de marina en los barcos, como en las fábricas más grandes, me decían que era evidente que la caja de bronce de la empequetadura podría estar fisurada y que entraba agua de enfriamiento a la succión y que si esta agua de enfriamiento era agua con agua dura, lo que pasaba era que esta agua podría contaminar el agua de bombeo. Averiguo que agua usan y además la mido, y me confirma que es agua de OSE. Aquí se acabó la investigación, lo que produce la falla lo tengo identificado, se lo explico al encargado y le cuesta entender y me

dice, ahora que hago......tome "quina" no le dije, le dije, ahora hay que abrir las turbina que alimenta este vapor generado por esta agua y abrir la caldera que es alimentada por esta agua contaminada y que se sienten golpes en su interior.
Costó aceptar lo que yo le decía, la refinería no quería parar, pero mi informe al ingeniero que me había contratado, que realmente creía en mí, les dijo:"hay que parar y hacer lo que dice Thomasset", inspeccionar la turbina nueva y la caldera nueva de circulación forzada.
Se paró, se comprobó la fisura de la caja de empaquetadura de la bomba, se comprobó graves daños en la turbina (no había respuesto, era un prototipo, vino inmediatamente un japones que en UTE logró remendar el rotor, le eliminó un rotor, para funcionar mientras se fabricaba uno nuevo en Japón), la caldera tenía suelto el separador de vapor por los violentos arrastres de agua y además había producido una corrosión por erosión al retorno del agua de circulación que llevó a modificar y cambiar el codo de entrada al gran domo.
Por supuesto, que en cada apertura estuve presente para ver los daños.
En la turbina, apenas "destapada", estaba llena de soda, me miran y le pregunto: "tienen un rotor nuevo"?, casi se mueren, pero no estaba equivocado. En la caldera, que entré con cierta dificultad, por la operación que tenía de no hacía demasiado, comprobé el "desastre" que se había armado, había hasta bulones de casi 1" sueltos y tirados en el domo del desprendimiento del separador por los golpes.
Pero bueno, cumplimos......lo triste, es que los encargados de la refinería ni me agradecieron ni me hablaron, me fuí callado, como había llegado. Pero cuando fuí a cobrar a las empresas, el único que me pagó fué el ingeniero que me contrato, me pagó la parte de su empresa, las otras dos empresas le dijeron: "que les pague la refinería, no tenemos la culpa de lo que haya pasado", era cierto, pero no fue la refinería la que me contrató. De todas maneras muy agradecido con el ingeniero que me contrató, me dió la "oportunidad" (que muchas veces me dió) de sentirme útil y aprender un escalón más del conocimiento, siempre se aprende, pero hay que enseñar.
Ah!! me olvidaba, le hice cambiar el tratamiento de la refinería, estaban varios boletines atrasados.

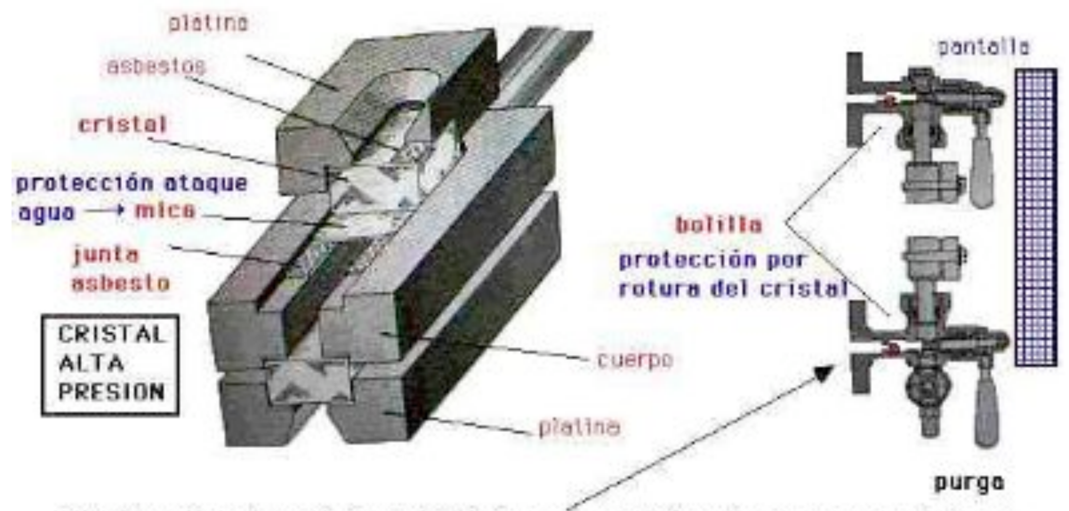
Saludos y espero haber cumplido con este gran ingeniero (que el Uruguay le debe mucho, pero se fue en silencio para su casa, fué y es un gran amigo de toda la vida).

¿Porqué se me "gastan" los tubos de vidrio de los niveles visuales en mi caldera, como si hubiera algo que los atacara?

Este ataque de los tubos de nivel de vidrio (o de los cristales planos, con ranuras o sin ellas de reflexión) se atacan normalmente por la presencia de soda "libre (hidróxido de sodio: Na OH, producto de el ablandamiento de las aguas que todos los bicarbonatos de calcio y magnesio se transforman en bicarbonatos de sodio (que una vez en el interior de la caldera se descomponen en CO2-anhídrido carbónico, que se va en el vapor, y soda "libre" o de los productos químicos utilizados en los tratamientos, como el uso de fosfatos trisódicos que al reaccionar con la dureza temporaria (bicarbonatos de calcio y magnesio) la soda que queda libre luego de la reacción de ablandamiento químico que se suma a cualquier otra soda, sea del ablandamiento por intercambio en ciclo sódico y la ceniza de soda (CO3Na2-carbonato de sodio) o hidróxido de sodio (Na OH- soda cáustica) que se agregue en el tratamiento.
La corrosión por ataque de las "soda libre" en el cristal, depende de la composición del cristal y además de su concentración (por falta de purga o por no bajar los límites de "soda libre".
Pero además hay otro factor muy importante: a medida que sube la presión el "ataque de la soda libre" sobre el cristal aumenta, tanto que ya arriba de los 20 KG/cm2 se requiere el control muy estricto de la "soda libre" y en media y alta y alta presión la "soda libre" es inadmisible en el agua de caldera porque ya estamos con otros problemas de ataque al metal de la zonas de grandes transferencias térmicas. Por eso, cuando se usan "cristales" para niveles visuales en media y media alta presión, las válvulas de comunicación de los niveles a la caldera para repetir el nivel deben tener "bolas de limitación de pérdida" para cuando el cristal "revienta" al debilitarse y pueda quemar a los operadores y además se puedan "acercar" para cerrar las válvulas (en bolas de acero están en una cámara de mayor diámetro que la bola, pero la comunicación con el cristal tienen menos diámetro porque serán el asiento de cierre de la bola al reventarse el cristal, de manera de frenar el agua o vapor de pérdida por la propia presión de la caldera, cuando se vuelve a cambiar el cristal o cerrar las válvulas, al no haber circulación de fluído la bola cae por su propio peso a la cámara de mayor diámetro, dejando abierta la descarga al nivel.
En una palabra, a mayor presión, especialmente arriba de los 20 Kg/cm2 se deben controlar la integridad de los cristales en la zona del nivel de agua (zona mayormente atacada, ya que es una interface entre la zona de vapor y agua, que sufre mucha alteración mecánica-térmica del movimiento de los niveles, que transmiten las oscilaciones interiores

del nivel de agua interna de las calderas (es un dato muy importante, porque las oscilaciones no están diciendo que pasa adentro de la caldera: desde la contaminación con tenso-activos que alteran la circulación, como también de la falta de purga y el exceso de "soda libre", así como si la caldera está muy incrustada la agitación de los niveles aumenta y también aumenta con los excesos de generación de vapor o consumos abruptos de vapor, etc.).
Es muy recomendable disponer tubos, cristales, juntas, de repuesto, ya que debemos de tratar de evitar que los niveles "revienten" en marcha, es un peligro para lo operadores y todos los "curiosos" que se acercan a ver el nivel del agua (que si revientan son candidatos a ser quemados por el vapor y el agua sobrecalentada). Así como la calidad de los tubos o cristales de vidrio son fundamentales, que sean de marcas reconocidas por su buen comportamiento.
En procesos de azucar o productos azucarados, la rotura de niveles aumenta si hay contaminación por azúcares, lo que obliga a sobre-controlar el estado de los tubos y cristales más seguidos (o tener un plan de cambio por tiempos de operación).
Los cristales planos deben ser puestos con mucho cuidado y el "reapriete" hacerlo como si fuera una tapa de motor a explosión, en forma distribuida y diametral, para apretar parejo usando una llave de torsión con dinamómetro (que normalmente llaman "torquímetro" o "tuercómetro" los más gauchos).
Los niveles planos podemos protegerlos del ataque de soda si los aislamos del agua con una capa de mica protectora interna, esto es muy común en calderas de barco de media alta presión. En alta presión se usan repetidores de nivel que no son de cristal, sino repetidores del nivel por medios físicos-mecánicos.
Espero que esta pregunta les haya servido en la práctica diaria.

PROTECCIÓN DEL ATAQUE DE LA SODA EN EL CRISTAL



Este tipo de rotura del cristal debe ser considerado grave, por el riesgo de una pérdida importante de agua caliente y vapor, para ello se instala un sistema que restringe la pérdida y permite al foguista acercarse a las válvulas de control de nivel y poder cerrarlas para su reparación.

¿Es suficiente dejar lavar los techos con la primer lluvia para después juntar del agua para usar en las calderas?

No.
El agua de lluvia es corrosiva (no tiene alcalinidad debido a que no contiene sales como bicarbonatos de sodio, calcio o magnesio) y está saturada de oxígeno (sin considerar que si la chimenea y las descargas de extractores contaminan el ambiente arriba del techo en el momento de que se produce la lluvia que se juntaría). Pero además no es fácil controlar que los techos queden limpios por unos minutos de lavado con agua de lluvia (que si la juntamos en un aljibe, como lo hemos hecho lo que vivimos algunos años en el campo, hay que limpiar los aljibes todos años por que se junta cualquier cantidad de sedimentos aunque el agua del aljibe se junte después que haya llovido un rato).
Las aguas desmineralizadas también son corrosivas, porque no contiene alcalinidad, y el agua de lluvia tiende a casi ser agua desmineralizada si no está contaminada (pero además está saturada de oxígeno que aumenta su corrosión).
Las agua las podemos clasificar por tendencia corrosivo o su tendencia

incrustante (se calcula por medio de índices en que interviene las alcalinidades, el PH, el TSD (Total de Sales Disuelta) y los más conocidos de estos índices son los de Langelier, indice de Ryznar o de Puckorius.
Las aguas para uso de las calderas, es preferible que sean levemente incrustantes en baja presión (por si el tratamiento es descuidado) e incluso en la torres de enfriamiento.
El agua desmineraliza ya de por sí, como dijimos, es corrosiva, veré de poner un PDF en que muestra el daño que dejó totalmente corroída una caldera en pocos años dejándola fuera de servicio (y ocurrio en la "casa del herrero" , o sea en un laboratorio donde los medios y los conocimientos deberían sobrar).
Si uso agua de lluvia o desmineralizada el tratamiento químico-físico no debe fallar nunca.

Espero haber contestado la inquietud de un lector de mis "recetas de cocina" en el Foro (claro, sobre calderas).



La superficie se encuentra con una incrustación "barrosa", con falta de pasivación (óxido mangnetico).

¿Es una buena opción usar como agua de alimentación de calderas el "agua de lluvia"?

Realmente, mi experiencia me indica que nó. Aunque la vieja "usanza" se decía que el agua de lluvia era buena para la baterías, es cierto si esta agua se recoge en el medio del campo y lejos de carreteras como mucha circulación o fábricas o plantas de calderas, por lo que ha generado la idea que "debe ser buena como agua pura para caldera". Ya el agua de lluvia no es más "pura", está contaminada por la intervención del hombre (por incendios o volcanes, etc. que provocan la contaminación), pero no hay que olvidar que nuestra propia chimenea descarga por lo general en el área de influencia de los techos que recogen el agua, contaminándose no solo en el momento que llueve y la chimenea larga humos (u otros polvos volátiles de la actividad del trabajo o la circulación de vehículos en la circunvalación de las fábricas), sino que hay que pensar que lo techos ya están "sucios" de depósitos de los días que no llovido y que serán arrastrados y disueltos en buena parte por el agua que estamos recogiendo.
Estas "aguas de lluvia" ocasionan en la caldera corrosiones de las más diversas, desde ataques directos de la contaminación al metal (elementos ácidos) y que sumado a que son agua muy "airadas" (llenas de oxígeno de la atmósfera y CO_2 de los gases de combustión, ambos muy corrosivos cuando se suman, pero no hay que olvidar todos los gases de azufre cuando quemamos combustibles líquidos (especialmente F.Oil pesado), pero la quema de madera (astillas, chips, pellets o desperdicios vegetales) producen ácidos piroleñosos de los más diversos (muy corrosivos en el agua de caldera).
Si utilizamos agua de lluvia, debería ser tratada mucho más que un agua de río, e incluso que un agua de pozo con gran alcalinidad (que su problema es si solo tiene ablandamiento en ciclo sódico es mantener con la purga contínua el límite máximo admisible de los ciclos de concentración (limitado por el valor del PH provocado por la soda: corrosión por disolución de óxidos protectores (magnetita), arrastres en el agua de calderas y espumas que provocan efectos tenso-activos que afectan la circulación interna, por eso las agua de pozo lo ideal es tratarlas con ósmosis inverso que elimina casi del 100% de las sales y otros elementos orgánicos.
En una palabra, cuidado con el agua de lluvía en las calderas: gran riesgo de corrosión.



¿En que me puede afectar el agua de la caldera y su tratamiento químico en los controles de la caldera, tanto de seguridad como de funcionamiento?

Bueno, aquí es donde ocurren la mayoría de los accidentes (y algunos graves), ya que las calderas son recipientes a presión con la características de tener agua sobre-calentada en su interior y vapor saturado en contacto con dicha agua, lo que provoca condiciones de expansión de mucha potencia en caso de una explosión de la caldera (o sea del recipiente a presión, especialmente en la envuelta la zona más peligrosa si falla su estructura, tanto por mal diseño, construcción, corrosión, recalentamiento o simplemente por exceso de presión de diseño al fallar los mecanismos de protección, que en este caso de sobre-presión el último y fundamental mecanismo de limitar la presión son las válvulas de seguridad, que jamás deben de faltar ni fallar, en suficiente cantidad y un plus, con un mantenimiento y regulación de control estricto, son nuestra única salvación si todo lo demás falla en controlar la presión).
Pero, tenemos otras causas que pueden llevar a la falla del recipiente

a presión, como son el recalentamiento por falta de agua (bajo nivel), falta de refrigeración (por problemas tenso-activos en el agua o excesos de combustión o fallas en la zona de combustión como el caso de perforaciones de "baffles" separadores de las zonas de gases, especialmente en calderas de 2 pases en donde son imprescindibles para proteger la placa trasera de la zona de vapor de la alta temperatura de los gases de combustión a la salida del tubo del hogar).
Pero el mecanismo que regula el nivel del agua (los controles de nivel) y el corte de la combustión (por falta de nivel de agua) son muy propensos a fallar por el tema del agua. Los problemas, aunque estén bien instalados los controles de nivel (esto significa que la conexiones a la cámara de agua del control de nivel tenga las purgas adecuadas y que se puedan purgar los mismos cada pocas horas y no se tapen (no solo por su dimensión, o por juntas mal puestas con orificio de paso muy pequeño lo que forma una obstrucción que ayuda a juntar los barros y pueden llegar tapar la conexión al control de nivel, que debe tener una purga generosa y conectada al sistema de purgas para que se pueda abrir francamente y no con timidez, siendo esta última una causa de fallas, ya si se purga con timidez o al "aire" la descarga, siendo este último caso un serio problema ya que no se puede purgar fuerte, no hay suficiente fuerza en la corriente de agua para vaciar el control de nivel y los barros depositados en las "bochas" o "balones". O sea, uno de los peligros es que los "flotadores", cuando se usan en los controles de nivel, pueden quedar "colgados" sobre un depósito de barros y no funcionar, no permitiendo bajar la "bocha" y producir la orden de alimentar el agua o de cortar el quemador en caso de bajo nivel. Pero también los "flotadores" se pueden colgar por un problema de depósitos de corrosión debajo de los mismos (el "flotador" por lo general es de un material más noble que la "bocha" o balón, dado que son de bronce o acero inoxidable y las "bochas" o balones de fundición, lo que si el tratamiento o nó tratamiento del agua favorece las "corrientes galvánicas" provoca la corrosión justo debajo de la "bocha" por ser la zona más cercana entre los metales y la propia gravedad provoca la caída de los depósitos en ese sitio, además se forman verdaderos "cúmulos" de óxidos y barros (el óxido del hierro aumenta 17 veces el volumen del hierro, en este caso hierro fundido, aunque hay algunas que podrán ser soldadas de acero para caldera y más "atacables" por corrosión, pero no son comunes). De aquí la importancia de inspeccionar y limpiar los controles de nivel cada tiempo que sea necesario, pero nunca dejar de pasar un año sin desarmar y limpiar (incluso las conexiones a la cámara de agua que deberá tener un tapón para dicha maniobra, ya que es un "cruz" el "fitting" que une la caldera, el nivel, el tapón y la purga).

Creo que esto anterior debe ser causa de la mayoría de los accidentes con los controles de nivel (aunque no debemos dejar de lado que hay otros sistemas de control de nivel que no son por mecánicos por "flotadores" , pero que también hay que revisar porque pueden tener obstrucciones en las conexiones a la zona de agua, pero además su problemás es más eléctrica o de conducción de los electrodos por los depósitos que "aislan" los electrodos). Si la calderas se inunda (caso de flotadores "pinchados" o electrodos sucios o aislados por material "aceitoso" o con poca conductividad ionica, por trabajarse con aguas con muy poca salinidad y se junta condensado en la "bocha" o cuerpo del nivel donde van los electrodos.Generalmente no es un problema para la caldera si esta se inunda, sino que el problema es el "arrastre de agua" que provoca problemas de "golpe de ariete" al sistema de vapor y sus consumos, produciendo roturas e incluso explosiones de cilindros o pailas o intercambiadores de doble fondo, pero a la caldera en sí casi no la afecta.
Los controles de presión (manómetros, presóstatos) como tienen que tener una "aislación del vapor" por medio de una columna de vapor condensado frío ("sifón", "cola de chancho", colector con sello de agua, etc.) pueden sufrir corrosión y taparse con los productos de corrosión (lo que transforma nuestra única salvación de limitar la presión son las válvulas de seguridad (algo que ya resalté, su fundamental imporancia y cuidado, y nunca funcionar con alguna "sacada" y sustituida por tapón para poder hacer reparación o mantenimiento, es una ruleta rusa, ya que justo en ese tiempo puede descomponerse el sistema de presóstatos que limita la presión apagándose el quemador, pero puede que el quemador no apague por otras razones (corto-circuitos, "puestas a tierra", bloqueos mecánicos del contactor, etc.)
Las aguas más propensas a que se tapen los "sifones" son las aguas de pozos con gran alcalinidad y con uso de ablandores de agua ciclo sódico (por la formación de gran cantidad de CO_2, de la descomposición de los bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio si pasa agua blanda. El CO_2 (anhídrido carbónico) que va el vapor al encontrarse en condensado del mismo lo pone levemente ácido, lo cual aumenta la corrosión. Lo mismo si los "sifones" pierden agua condensada, aunque sean gotas, el agua condensado que se repone del vapor está cargada no solo de CO_2 sino de O_2 (oxígeno) si no está suficientemente "secuestrado" en el agua de alimentación, entre ambos gases la corrosión se aumenta. Tampo es bueno estar purgando todos los días los "sifones", ya que cada día el condensado "nuevo" está cargado de estos gases corrosivos (es conveniente tener bien sellado, un tapón de limpieza en la conexión para pasar "baqueta" flexible cada año y soplar con aire o pasar agua a

presión para limpiar las conexiones es lo más conveniente. Este es un tema muy importante, porque la presión puede marcar en forma tan lenta porque está casi tapada la conexión o taparse totalmente, que lleva a confuciones, por eso es conveniente ver si el manómetro responde en forma continua a las flutuaciones de presión (para comprobarlo se puede poner un manómetro momentaneo en una conexión aparte del "sifón" (como en forma directa a la caldera, con un sifón o sin él, ya que se usará unos minutos). He visto grandes dolores de cabezas tratando de regular las válvulas de seguridad con sifones casi tapados, que marcan la presión con retraso (tengo varias historias de estas dificultades, en calderas que no podían con la regulación de las válvulas de seguridad, dado que en realidad las lecturas de las acciones tenían un retraso y poner un manómetro patrón en el grifo de 3 vías también se repetía la lectura de la presión si la entrada del sifón estaba casi tapada, lo que retrasaba la medida real, tanto de subida como de bajada). En el "Pequeño Manual del Foguista" explico como conectar los presóstatos y los manómetros en las distintas formas de "sifón".
lo podrán bajar en :

https://docs.google.com/open?id=0B6K-2X4hf-gKZjkzZDkwNTctOTE5My00ZjM1LTkzNjEtYWQ0ZjVlN2JlMDQw

Corrijo, las curtiembres no tienen pailas, tienen fulones (he atendido la mayoría en casi todo el país , hoy muchas o casi todas cerradas). Se me escapo el "dulce leche" que lo hice en un "fulón" (el "fulón no tiene nada que ver con la "paila", el "fulón" en como un tambor gigantesco (generalmente de madera dura) que gira con los cueros y los productos en su interior como una lavadora horizontal, el vapor entra en contacto directo con el agua al llenar y puedo poner vapor demás que escapa a la atmósfera si abuso de su apertura (pero caliento más rápido achicando los ciclos de los "baches" de proceso).
Pido disculpas.



ESTADO EN QUE QUEDO LA CALDERA POR FALLA NIVEL
LOS TRATAMIENTOS DE AGUA "MAGICOS" SON PELIGROSOS

¿Se puede decir que cual es el problema más común que se relacionan los "accidentes" o "fallas con reparación" en calderas de baja presión?

Yo creo que sí, y pienso que el % mayor (quizás cerca del 60% o más) sea por problemas en agua de calderas y sus tratamientos químicos o la falta de estos (no solo los elementos químicos utilizados, sino su implementación y control). Directa o indirectamente siempre tienen una factor de relación con los accidentes, no solo por las incrustaciones, los barros que la pueden formar como incrustaciones de barros o simplemente bloquear un control de nivel de flotador, ni que hablar del tema de corrosión o de la acción directa como la "fragilidad cáustica". Aunque la mayoría de los estudios de los accidentes no implican o relacionan la problemática del agua, es porque en general técnico mecánico, el técnico eléctrico electrónico o el tratamentista están "encerrados" en sus profesiones y no conocen a fondo la interrelación entre los temas (me hace acordar cuando era Jefe de grandes fábricas y

se paraba la producción o cadena de producción por el simple fallo de una bomba, y frente al problema la discusión era del Jefe de Electricidad y el Jefe de Mecánicos (generalmente el Jefe de Mantenimiento) decir: "No es eléctrico, uno y el otro decir no es mecánico el fallo", cuando lo que corresponde en investigar paso a paso desde lo elemental a lo más complejo (como el caso de la bomba: si saltó el térmico, ver fusibles si los tiene, pero lo primero es ver si la bomba gira manualmente, dependiendo que tipo de bomba, porque si es de desplazamiento positivo, puede alguien haber cerrado un válvula de descarga y la válvulal de alivio estaba trancada, etc.), por eso la colaboración entre especialistas es fundamental y no trabajar en "solitario" si se desconocen las otras áreas puede llevar a un accidente facilemente.
Pero hay otros problemas en el agua que pueden llevar a un accidente, como un cambio de tenso-actividad, que pondré un ejemplo real:
Claro, hay que ser muy cuidadosos al estudiar la fallas y tener suficiente experiencia en el tema, porque no hay que mirarlo con "simplismo", pondré un ejemplo:
1-Una caldera colapsa su tubo de hogar (quema F. Oíl), es de unos 4.000 Kg/h y 10 Kg/cm2 de presión. Los técnicos que van a ver el problema, "decretan" : "falta de nivel de agua". Se me pide mi opinión al respeto. Observo que el hogar colapsado, pero el color del metal no parece mostrar un recalentamiento muy alto, pero los tubos superiores (cercanos al nivel superior del agua) no están recalentados (que es son los primeros en recalentar al bajar el nivel del agua), este dato es muy importante. Pido que se haga un chequeo a los controles por bajo nivel de agua (para ver si hay alguna falla que no haya detectado el bajo nivel dando el corte del quemador, me "dicen": "no entendemos, los dos controles de nivel está funcionando correctos y el tapón fusible no se ha fundido, esto nos desconcierta". Estudio el tema del agua, si por efecto de un cambio de "tensoactividad" y un consumo de vapor grande e instantáneo puedan haber provocado que el tubo del hogar formara un "frazada de vapor" al "despegar el agua que lo refrigera por la alta temperatura del metal y la alta vaporización, por afectación de la "tenso-actividad" (el agua se pone "como jabonosa"). Las dos ideas de que hayan coincidido estos dos efectos se concretan: el consumo de vapor es para_"fulones"_ de la curtiembre, las válvulas de vapor son de bola o sea
esféricas de pase total de gran dimensión (apertura instantanea de gran pase, con un 1/4 de vuelta abren totalmente), el agua tenía un problema que le cambió la tenso-actividad (que quedara como "jabonosa"), por error del foguista de turno (quién se hizo cargo del tratamiento químico

a base de fosfato trisódico y agua blanda de pozo, ya que el foguista oficial había fallecido hacía unos días y el era que disponía el tratamiento, su cantidad para cada turno, pero el error del foguista de turno que no sabía nada de tratamientos químicos no tubo la peor idea de poner todo el tratamiento químico de las 24 horas de una sola vez, lo que recargaba brutalmente de químicos tenso-activos el agua de la caldera y los hacía justo poco antes de la falla de la caldera (hay que considerar toda la "soda libre" que ya tiene el agua de pozo ablandada), el se había hecho cargo del tema hacía unos pocos días. La coincidencia del gran consumo instantáneo del vapor y el "exceso de tratamiento" puesto en una sola dosis, llevaron a que se provocara el accidente (y con suerte el tubo del hogar no reventó, quedó totalmente deformado, porque realmente la caldera no había hecho un bajo nivel (por eso no cortaron los controles por bajo nivel ni fundió el tapón fusible).
Pongo un PDF para mostrar este tipo de falla. Hubo en este caso varias fallas, el diseño de los consumos del vapor con sus válvulas factibles de provocar consumos excesivos, el error de poner todo el producto de 24 horas en una sola puesta, el uso de usar fosfato trisódico con agua blanda de pozo, y según sea el que lo mire, dirá su versión que realmente no es tan "simple" como el simple fallo de los controles de nivel mínimo que corta el quemador.

Bueno, realmente una vida no dá casi para aprender todo, pero mucho se puede hacer......

Por fallas de corte de los niveles automáticos, el quemador no apagó al producirse el bajo nivel de agua



La perforación del hogar se efectuó para mostrar los tubos

¿Que precauciones debo tomar si tengo un sobrecalentador de vapor y turbinas de vapor?

Este es un muy interesante tema, que tiene varias "puntas". Lo primero es tener claro que lo podemos "quemar" en forma directa por un "sobrecalentamiento" por falta de vapor de enfriamiento o por estar incrustado (por arrastres que se producen muy muchas razones, no solo químicas, sino mecánica derivadas de eventos o maniobras.
Lo primero es tener claro como se refrigeran los tubos del

sobrecalentador al poner en marcha que todavía la caldera no produce vapor que hay que "tirar" a la atmósfera en forma equilibrada a través del sobrecalentador para mantener los tubos por debajo de la temperatura máxima aconsejada del vapor (esta posibilidad de sobrecalentamiento se dá incluso en los sobrecalentadores "inundables" o sea que se inundan con agua destilada que va evoparando y enfriando los tubos, pero una vez que se evapore toda el agua dependemos de la refrigeración que nos produce el vapor que pasa por el sobrecalentador y tiramos, en una palabra, debemos tomarnos el tiempo de ir despacio calentando la caldera hasta lograr la producción de la presión de trabajo, manteniendo la temperatura máxima del sobrecalentador vigilada, y que además en el momento de conectar el vapor al consumo con una presión levemente superior al sistema (generalmente una turbina o unas) mantengamos la válvula para tirar el vapor (que puede tener un silenciador para amortiguar el ruido ensordecedor que produce) tirando y cerrando la misma a medida que vamos tomando carga con el consumo (y siempre estar alerta que si se aborta al procedimiento debemos abrir el vapor a la atmósfera protegiendo al sobrecalentador del sobrecalentamiento, esto también es fundamental si debemos de poner calderas en paralelo para alimentar la carga de vapor, la caldera que entra debe estar "tirando vapor" hasta que podamos tomar una carga que nos consuma suficiente flujo de vapor para enfriar el sobrecalentador y cerrando la "válvula de venteo" hasta lograr cerrarla del todo y cuidando de las maniobras bruscas que pueden producir "arrastres" en la caldera que "entra" en servicio.

A esto debo agredar que el sobrecalentador debe tener una válvula o dos de seguridad para uso específico de vapor sobrecalentado (para la alta temperatura, no olvidemos que tenemos un resorte de acero aleado que la temperatura lo puede afectar y cambiar la regulación), la válvula de seguridad del sobrecalentador debe ser siempre la primer válvula de seguridad que abra para mantener el flujo de enfriamiento y luego recién abrir las de vapor saturado del domo si es necesario (la válvula de seguridad del sobrecalentador en general no es capás de tirar todo el vapor de la caldera (un % aprox. al 20% por lo menos), además deberá ser la última válvula de seguridad que debe cerrar, nunca debe cortar el flujo de enfriamiento del vapor, lo cual podría ocurrir si el diferencial de presión entre la apertura y cierre de la válvula son muy estrechos (o sea que "blown-down" es mayor que las de las válvulas de vapor saturado). Los momento de maniobra y acople de caldera son momentos de mucho cuidado y atención a estos detalles.

Pero debemos tener en cuenta, que al parar la caldera, mientras la vamos desacoplando debemos tirar vapor a la atmósfera para mantener la

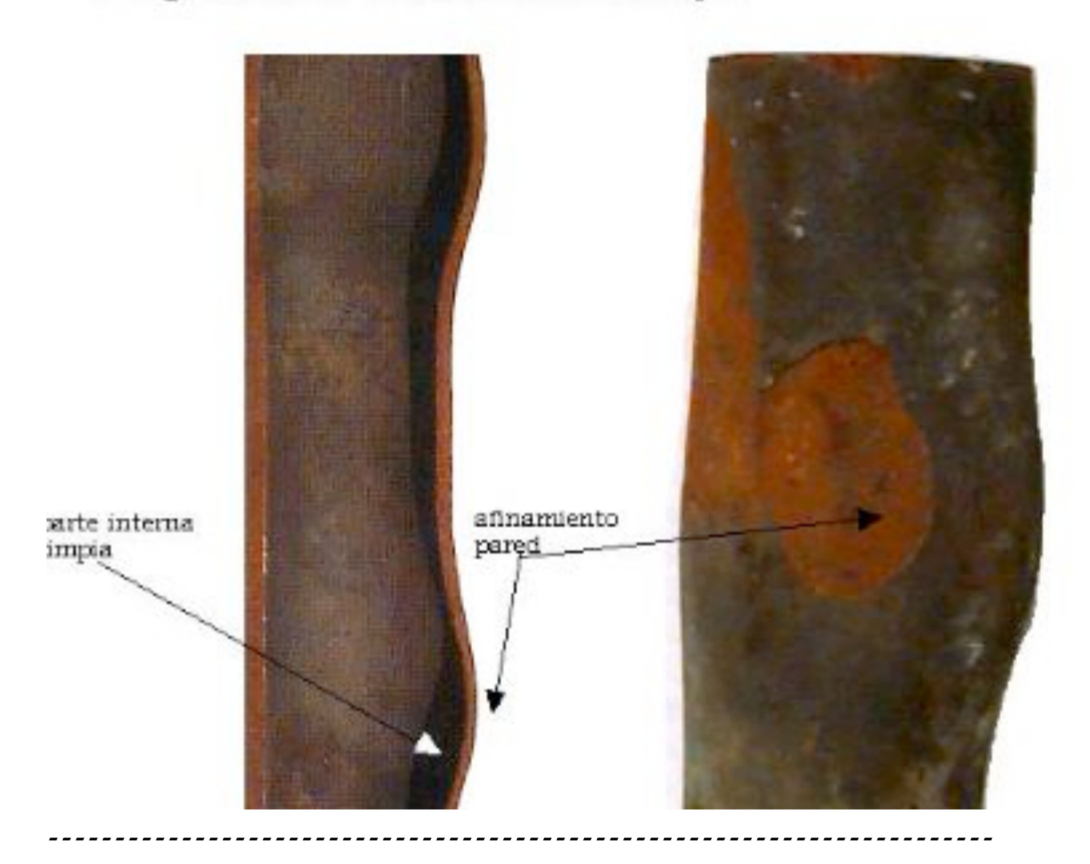
refrigeración del calor residual o del quemador que va bajando la carga. Y lo otro que no debemos perder de vista son los "arrastres" de agua, que con sus sales que se secarán y formarán "incrustaciones aislantes" que pueden hacer que los tubos no se refrigeren adecuadamente o producir "arrastre importantes" con la posibilidad de generar un "golpe de ariete" que puedan afectar los álabes de la turbina.
Tienen una importancia mayúscula: evitar las caídas de presión de vapor (estas producen arrastre al bajar la presión el volumen de vapor aumenta y con ello la posibilidad de arrastre") estas en las maniobras, en los cambios de los quemadores para limpieza, en los cambios bruscos de carga, etc. ocurren si no ponemos atención (por eso aconsejo en las maniobras que debe haber personal suficiente e instruido y que una solo lleve la voz cantante de la maniobra). Los límites químicos del tratamiento químicos son fundamentales (todos aquellos límites que no se respeten pueden alterar la tenso-actividad del agua y formar arrastres al cambiar la circulación o hacer espumas) lo que termina incrustando poco a poco el sobrecalentador, que termina quemándose o perforándose, tarea no fácil con aguas solo ablandadas o con la posibilidad de contaminaciones (todo lo cual lleva a que los sobrecalenadores deben enjuagarse con agua desmineralizada después de unos meses de marcha al parar o hacer limpiezas químicas periódicas cuidando el tipo de metal que está construido el sobrecalentador, como nunca usar ácido clorhídrico en un sobrecalentador con aceros al cromo niquel de alta aleación o de inoxidable). Si la limpieza química se hace correctamente y no se abusa en los tiempos de circulación de los ácidos, el metal no recibe daños mayores con el ácido inhibido y con una temperatura adecuada al tipo de inhibidor (pero la temperatura de la solución ácida es muy importante, fría no es efectiva la limpieza, por lo general arriba de los 60º).
Cuando la caldera está fuera de servicio el sobrecalentador y la caldera deben estar inundados para evitar el ataque por oxígeno atmosférico. Si hubiera que guardar la caldera por largol tiempo en "seco", hay que calefeccionar el hogar con una temperatura superior al ambiente, que seque bien el sobrecalentador para que no se "pique" (se produce "pitting" por oxígeno si se deja húmeda o con cierta cantidad de agua o mal inundada la caldera (no debe quedar aire en el domo superior y tener un tanque de compensación para absorber la dilataciones y contracciones del agua por la temperatura, con suficiente protección contra el oxígeno (poniendo un secuestrante de oxígeno: sulfito de sodio, hidrazina, etc. y además el PH debe ser más de PH10.5). En la conservación húmeda, si es por largos períodos, conviene tener una bomba circuladora que homogeinice el agua en el interior de la caldera, poniendola entre la

purga más baja y la alimentación superior o una válvula de seguridad que se quita para esta función. Claro, previamente limpiar y hasta lavar con agua caliente alcalina la zona de gases de la caldera, poniendo resistencia eléctricas para mantener una temperatura de secado y que lo mantenga de las superficies internas, no dejar corrientes de aire que entra humedad ambiente (incluso tapar la chimenea con un bonete de lona, que se tomará la precaución de quitar para poner en marcha. Conozco muchas valiosas calderas que se han estropeado por malas condiciones de "parada" y especialmente lo sobrecalentadores han pagado el "pato", tanto del lado gases como el lado agua.

Bueno, por ser este un tema más para calderas de media alta y alta presión, más que de baja, creo que ya he comentado suficiente, pero es muy importante tener en cuenta lo que he dicho (y algo que quedó en el tintero, que no lo he puesto).
Pongo un PDF con un sobrecalentador que se incrustó tanto y la pérdida de carga (presión que disminuye) era tan grande que las turbinas no podían ya caminar en estas condiciones, es increible, pero las fotos no mientes (tuve que hacer cortar los tubos y unirlos para pasar una solución ácida de limpieza, esta falla fue muy costosa para la empresa, ya que paró el proceso en forma imprevista y este tipo de proceso no se puede para facilmente.

FALLA POR ARRASTRES ORGANICOS

27 kg/cm2, 380ºC , 55 Tn/hora de vapor



¿Que eventos pueden llevar a incrustar un sobrecalentador de vapor de una caldera?

Recuerden que en mis escritos, sean manuales o publicaciones en particular, son opiniones personales, que por supuesto salen del conocimiento teórico de mi formación naval y de estudios en forma personal en libros publicados por la grandes editoriales del tema que he importado en otros tiempos y revistas como POWER de la que he sido suscriptor por muchos años, pero fundamentalmente opino sobre los problemas que he vivido en mi vida profesional como ingeniero naval (pero además con más de 40 años de industria), ya que opinar de algo que no se ha vivido no dá una seguridad del conocimiento.

Si bien en todas la franjas de presión puede haber sobrecalentadores de vapor, es en las calderas de media y alta presión, prácticamente calderas acuo-tubulares, en donde las calderas casi todas tienen sobrecalentadores de vapor ya que el vapor se usa por lo general para la generación de electricidad con turbinas de vapor que funcionan con vapor sobrecalentado (antiguamente existían turbinas de vapor saturado o levemente sobrecalentado, o pueden haber turbinas de vapor saturado en la recuperación de energía cuando se baja la presión para aprovechar el salto de presión).
Los sobrecalentadores de vapor cuando se incrustan por lo general se "queman" los tubos, de distinta forma se presenta la falla y se debe ser muy cuidadoso al opinar la causa de que el tubo se haya quemado y poder eliminar la causa para evitar su repetición de la falla.
No necesariamente se queman los tubos del sobrecalentador por estar incrustados, también se pueden "quemar" por efecto de una sobretemperatura más allá del límite admisible de acuerdo a la aleación del metal, siendo los de más baja temperatura de acero de bajo carbono, pero para más alta temperatura ya son aleaciones de cromo-niquel en mayor o menor tenor, hasta llegar a acero inoxidables especiales para esta función. Los momentos en que peligra el sobrecalentador por exceso de temperatura es partir que la circulación de vapor que enfría al tubo, tomando su calor del lado gases, que si es insuficiente el enfriamiento se puede recalentar o quemar, como en el caso de la puesta en marcha de una caldera sin vapor auxiliar que no sea inundable el sobrecalenador para la puesta en marcha, y la puesta en marcha con demasiada combustión
en poco tiempo o sea arranques bruscos con mucha llama, que el fluyo de vapor no se ha establecido o es insuficiente para la cantidad de calor que pasa por el sobrecalentador en forma de gases calientes de alta temperatura, el tubo se sobrecalienta demasiado. Además los sobrecalentadores debemos de dividirlos en varias de categorías, desde los sobrecalentadores expuestos a la llama (radiantes), o los expuestos a solo los gases (convectivos) o aquellos que tienen un quemador independiente para producir el recalentamiento del vapor.
Por eso la temperatura máxima de sobrecalentamiento hay que vigilarla en la puesta en marcha y en todo momento, para eso debemos disponer de un termómetro para tal función y hasta una alarma por la sobre temperatura.
Pero además hay que recordar que cuando empieza circular vapor por el sobrecalentador en la puesta en marcha es desde el momento inicial y que dicho vapor tiene poca capacidad de enfriamiento no solo por su cantidad de vapor producido, sino por ser vapor de más baja presión que la presión de trabajo lo que significa que el volumen específico es muy

alto o sea un kilo de vapor ocupa mucho más volumen que a la presión de trabajo, lo cual su capacidad de enfriamiento es proporcional a su peso por hora que pasa por el sobrecalentador y no por su volumen, que es mucho mayor a baja presión de puesta en marcha (y también puede ocurrir si en la marcha se baja la presión demasiado, aunque de por sí una bajada de presión significa la posibilidad de arrastre de agua por el aumento del volumen del vapor al subir su volumen específico, o sea la capacidad de enfriar por kilogramo de vapor). Este es el concepto más importante en la puesta en marcha : "tirando vapor" y controlando la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentdor con la cantidad de combustión, aunque no hay que dejar de pensar que también está influenciado por la temperatura de los gases y que el exceso de aire interviene en este efecto (tal es así que si quiero bajar la temperatura en un vapor sobrecalentado trato de trabajar con poco el exceso de aire y si lo que necesito es vapor de mayor temperatura, debo trabajar con más exceso de aire, esto ocurre por dos cosas: necesito más combustible por hora para mantener el régimen de vaporización ya que la cantidad de aire para calentar es mayor (y también su pérdida por chimenea) y por el volumen de los gases que al ser mayor más rápido se introducen en el sobrecalentador en su pasaje a mayor temperatura. Es un "truco" que compensa alguna falencia del cálculo del sobrecalentador, compensando el exceso de superficie o falta del mismo para la generación de vapor sobrecalentado de la caldera y esto en una turbina es importante (para evitar condensaciones adentro de la turbina o recalentamientos de los álabes).
Pero también hay que considerar que las "bajadas de presión" por falta de reacción del quemador, estando la caldera en un régimen alto, son muy causante de "arrastres de agua", que incrustan al sobrecalentador y hasta la turbina (las turbinas no solo se incrustan con sílice volátil que se deposita en los álabes y desbalancean la turbina, sino que el agua si "pasa el sobrecalentador", es decir si el vapor no se seca 100%, arrastra sales que incrustan las turbinas (nos damos cuenta cuando empiezan a vibrar por el desbalance, que puede destruir la turbina, no solo hacerla vibrar. También les baja el rendimiento a medida que se va incrustando (por eso las inspecciones de las turbinas cada tanto tiempo se hace necesario para ver el estado de los álabes (que no solo se incrustan, sino que se produce erosión mecánica por el impacto de las gotas de agua a gran velocidad).

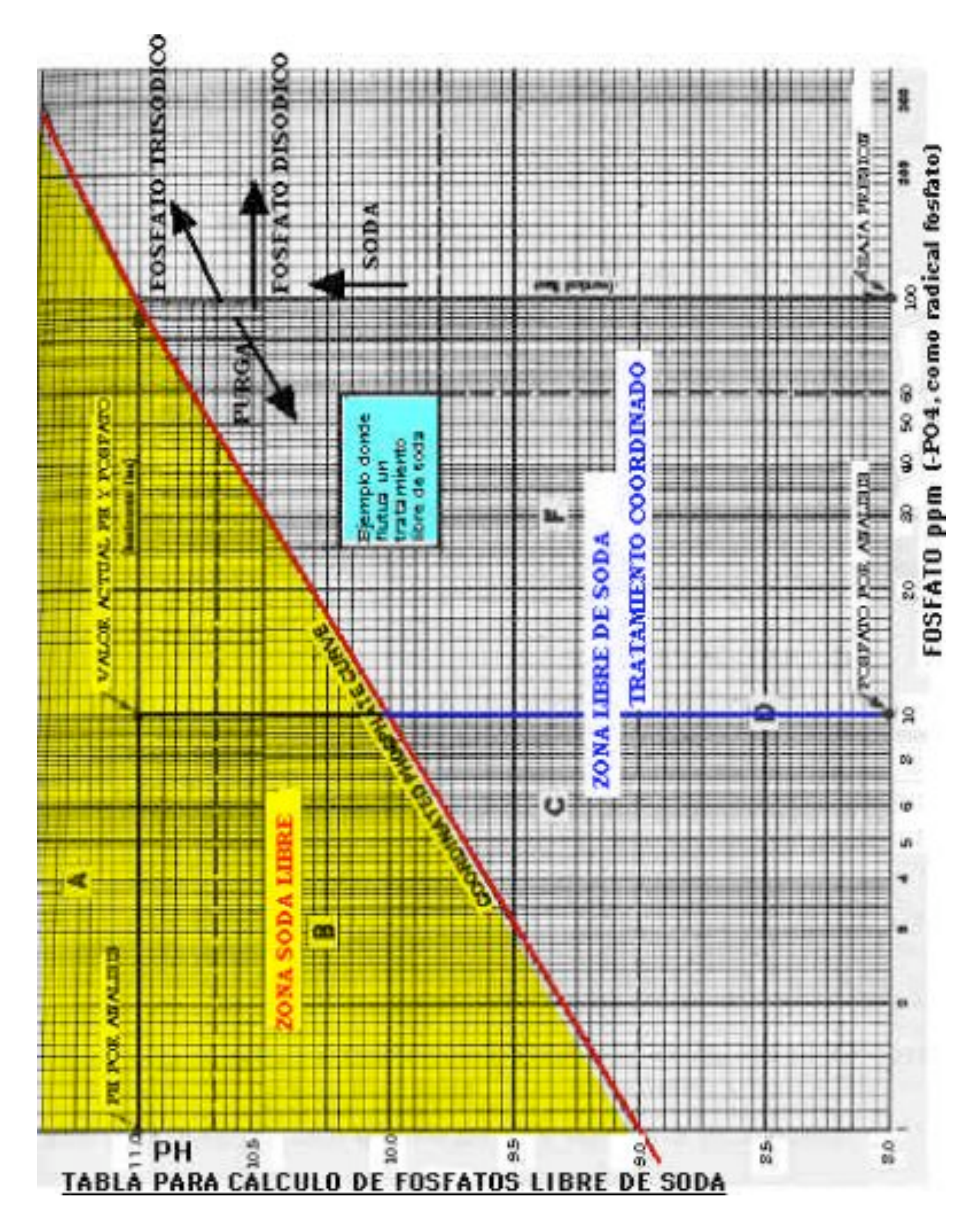
En mi vida de investigación de fallas he participado en la investigación de la "quemada" de varias calderas de 20T/h a 55 Tn/h, contratado por las empresas o por las fábricas de calderas, veremos algunos casos.

1-Este caso fue una caldera de 55 Tn/h con un mes de marcha. Una hermosa caldera muy moderna (tipo paquete Backock&Wilcox, con vapor sobrecalentado a 380ºC a 30 Kg/cm2 para alimentar turbinas con vapor de escape para proceso, con quemador a F. Oíl, las más peligrosas, junto con las de gas, para quemar fácilmente el sobrecalentador).
Al mirar la rotura de un par de tubos que se "perforaron" me quedó claro que se trataba de incrustaciones y eso que la caldera había caminado un par de meses (cuando son fisuras longitudinales, de "labios gruesos" como el espesor del tubo y presentadas al flujo de la corriente del gas, por lo general son incrustaciones del tipo duro: sean calcáreas o sílicatos u otras sales del agua y siempre con depósitos del propio tratamiento , si en vez de fisuras son "bellotas" que revientan (son "bellotas" con los labios finos en la rotura) son una mezcla de incrustaciones y materias orgánicas y si son en su mayoría orgánicas, de polímeros del propio tratamiento o contaminaciones orgánicas del proceso, las bellotas se presentan como la cuentas de un collar o sea hay por lo general una serie de "bellotas", pero revienta solo una (pelotas) que al reventar no dejan material depositado en las superficies porque el mismo se quema con la alta temperatura que toma el metal, no así si son incrustaciones duras). En este caso, por el poco tiempo que la caldera había marchado, me hizo sospechar que podría estar entrando agua de caldera por la separación de la zona de vapor y agua, o sea, que los separadores al ser ciclónicos (modernos) el vapor entra en una caja debajo del nivel del agua tomando el vapor de tubos evaporadores para mandarlo a los ciclones separadores de agua-vapor, dejando el vapor "seco" que entre al la caja del sobrecalentador para alimentar los tubos del sobrecalentador (recordar que toda agua de caldera que entra al sobrecalentador si no es demasiado, se "seca" por reevaporación el agua arrastrada y deja sus sales como si fueran "incrustaciones").
Entré al domo superior de la caldera y observé por el posible pasaje de agua a la zona de vapor en la caja de salida al sobrecalentador (la caja está debajo del nivel del agua) y observé que la soldadura de la caja en vez de ser una soldadura contínua, la habían soldado por corridas de soldaduras cada tanto, esto no es admisible, entra agua entre los puntos de soldadura. La solución que tomé fue hacer soldar correctamente la caja, soldar las fisuras de los tubos que no eran muchos los que estaban fisurados (usando soldadura oxi-acetilénica con un gran soldador de la misma empresa, ya que no había todas las tecnología actuales de soldar, generalmente se cambian los tubos dañados, pero no había tiempo, la empresa se jugaba en esa zafra 100 millones de dólares en 100 días, era mucha plata ya que la materia prima se degradaba). Hice una rápida

limpieza química forzada sobre el sobrecalentador y con estas soluciones se logró seguir en marcha, pero por varios años (no menos de 7 años, aunque parezca mentira).
2-En este caso, la misma caldera a los 8 aprox. años de puesta en marcha, se le cambia el sobrecalentador (lo habían quemado por incrustación al "remendado"), al poner un sobrecalentador nuevo lo quemaron a los pocos días de poner en marcha, la empresa se la agarró con la calidad de los tubos (nada que ver, eran de una aleacción para muy alta presión y temperatura, muy superior a la original, o sea que los tubos que se habían puesto eran para más temperatura). Se me contrato, y pude comprobar que lo habían quemado por "arrastre" de agua en el vapor, la empresa tratamentista había subido los límites del TSD (Total de Sales Disueltas) por falta de conocimientos en este tipo de calderas y con el afán de ahorrar cerraron la purga contínua y esto llevó a que se produjeran en un par de meses arrastres de agua que se "secaban" en el sobrecalentador (dejando los tubos del sobrecalentador incrustados por sales de agua de caldera, o sea depósitos del agua y del tratamiento que usaban para el agua).
3-Fines de los 70, me llevan a ver una caldera nueva que quemaba el sobrecalentador, era un papelera (una caldera de 20 Tn/h a 40 Kg/cm2 y sobrecalentamiento a 480ºC si mal no recuerdo, de biomasa diseño japones
y fabricación brasilera, es una de las primeras calderas con diseño para biomasa introducida el país, que todavía marcha). Me había llevado mi profesor de metales y soldaduras (Director del Instituto de ensayos de la Facultad de Ingeniería de aquella época, había estudiado en Francia, el Ing. Boses). Mientras que mi estimado profesor estudiaba el problema de la metalografía, yo debía debía observar otros problemas funcionales de la caldera, a pedido de él mismo que fue el que llevó. Al ver los tubos quemados, no tenían ninguna incrustación adherida (esto me estaba diciendo que había un problema del uso de elementos orgánicos como polímeros o almidones, etc. o de contaminación, además de ver algo debellotas). Yo sabía que usaban agua desmineralizada del Río Negro con esta caldera por primera vez y que hasta que la pusieron usaban antes agua ablandada. Aquí hay que tener mucho cuidado con el manejo del ciclos de concentración, ya que en una agua ablandada se trabaja a esa presión con muy pocos ciclos de concentración y son fáciles de de controlar porque hay muchos "trazadores" (desde el TSD a los cloruros), pero además hay que considerar que antes trabajaban con calderas de menor presión o sea que en más alta presión hay que bajar el TSD, el PH, etc.. Pregunto por tratamiento químico a los dos ingenieros químicos de la planta y ya no les gustó que les preguntara, pués yo desconfiaba que

seguían con el criterio del tratamiento del agua ablandada con bajos ciclos antes de usar agua, pero ahora usaban agua desmineralizada que no tiene ciclos más que los que imponemos con los productos del tratamiento que se van introduciendo, y usaban polímeros. Me dijeron que seguían usando los mismos gramos de polímeros por metro cúbico que usaban en las calderas anteriores, lo cual es un error, porque aunque parezcan pocos gramos por metro cúbico de alimentación, al no tener otros trazadores en el agua desmineralizada y los polímeros no se ionizan en el agua, es fácil acumular excesivas cantidades de polímeros en el agua y llegar a concentraciones altísimas. Calculé que con la nueva caldera llegaban a más de 400 ciclos de polímeros (lo cual es una barbaridad en dicha presión y con sobrecalentador), ya que en las calderas "viejas" que trabajaban a no más de 6 ciclos en esta nueva caldera los ciclos de concentración se disparaban a mucho más de 400 ciclos.
Esto producía un arrastre del agua de la caldera cargada de polímeros e incrustaba como una "melaza" a los tubos del sobrecalentador quemándolo por falta de enfriamiento y al quemarse el tubo los polímeros "desaparecían" como incrustación por quemarse (como un tostada que dejamos en el horno, no quedan más que la cenizas que vuelan si las soplamos).
Lo más gracioso, es que no aceptaban los ingenieros lo que yo decía, pero el dueño me dijo, aunque no le crean yo voy a dar la orden que hagan lo que Ud. dice (mi profesor no había encontrado nada metalográfico que fuera la causa).
3-En este caso, la caldera, un gasógeno de 35 Tn/h de vapor sobrecalentado a 380ºC a una presión de 30 Kg/cm2, la incrustación del sobrecalentador fue tan grande que practicamente tapó el sobrecalentador, generando una pérdida de carga (presión que se pierde) como de 3 Kg/cm2 en 27 Kg/cm2 al 85% de marcha. Aquí había fracasado el tratamiento de agua (agua blanda más condensado del proceso, turbinas con vapor de escape, con una recuperación de condensado del 50% aprox.). Aquí tuve que hacer cortar el sobrecalentador y hacer unir los tubos en el patio, para hacerle circular una solución de limpieza química (no había chance de limpiar con el sobrecalentador armado, ya que los tubos están en paralelo y el ácido de limpieza se introduce por los tubos destapados y no circula por los tubos queremos limpiar. Me gané la confianza de la empresa y me pidieron haber si yo le podía hacer el tratamiento químico, hartos de probar con otras empresas con finales no tan felices (trabajé varios años, hasta el 2014, con buen resultado.
Bueno, ya los tengo aburrido, me quedan otras en el tintero que no dejan de ser menos importantes, pero hay que tener claro el comportamiento de los sobrecalentores, desde su puesta en marcha hasta de mantenerlos en

servicio (que siempre estén limpios, ya no es fácil detectar su incrustación, aunque la temperatura del vapor versus caudal de vapor podría indicarnos algo, pero como dije, los excesos de aire son sensibles en la temperatura y si comparamos la temperatura en distintos momentos debemos compararla con los parámetros similares, carga y exceso de aire, presión, etc. La salud de un sobrecalentador es una preocupación primaria para el que tenga una caldera con uno instalado (el manejo del arranque y parada influye mucho, las sobre-marchas y las alteraciones de la presión, el tratamiento químico, tanto sus límites como la calidad del agua de reposición, hasta la forma de intruducir los productos en el agua de la caldera, etc.
Subiré un PDF mostrando el tema (en este caso con los tubos que se han incrustado por meteria orgánica,que se quema al dejar de circular el vapor o reventar el tubo en la bellota).


FOSFATO TRISODICO
FOSFATO DISODICO
SODA
PURGA
ZONA LIBRE DE SODA
TRATAMIENTO COORDINADO
ZONA SODA LIBRE
A
B
C
D
F
FOSFATO ppm (-PO4, como radical fosfato)
PH
11.0
10.5
10.0
9.5
9.0
8.5
8.0
TABLA PARA CALCULO DE FOSFATOS LIBRE DE SODA

¿Cuales condensados son peligrosos para su recuperación como agua de alimentación de calderas y porqué?

Bueno, esta es una pregunta amplia, que hay que contestar paso a paso, ya que todos los condensados por una u otra razón pueden traer contaminantes en su agua que pueden afectar gravemente a la caldera y la calidad de vapor, ya que si son "retornos" de serpentinas, "doble fondos" o placas de intercambio, todos en alguna circunstancia son potenciales a tener contacto entre el producto que calientan y el condensado. Si el vapor es mayor su presión que la del "líquido" que se calienta, parecería no ser posible que entre el "producto" contaminante en el vapor que está condensando, pero muchas veces el "líquido" del proceso tiene mayor presión que el vapor-condensado, contaminando al mismo. Los momentos que el "liquido" a calentar, está a mayor presión que el vapor-condensado, es fundamentalmente en momentos que se cierra el vapor totalmente o parcialmente al modular (aunque puede haber líquidos con mayor presión que el vapor-condensado como puede ser los calentadores de combustible, especialmente en el caso del F. Oíl que se trabaja por lo general a mayor presión que la propia caldera, lo que es proclive que se contamine la caldera con el propio F. Oíl por el suministro de vapor, si no tiene buenas válvulas de retención en suministro de vapor, muchas veces conviene doble válvula de retención con un grifo saca muestra entre retenciones para controlar que la primera retención trabaja adecuadamente impidiendo el retroceso del F. Oíl, que sí así ocurre esta indicando que la segunda válvula de retención también tiene pérdida, no olvidar que una de la peores contaminaciones son cuando la caldera se contamina con F. Oíl, no solo la calidad de vapor se afecta, sino que puede hasta bloquear las superficies de calefacción por la mala circulación interna que genera la tenso-actividad y por la propia formación de una capa de aislación de F. Oíl que se irá "pegando" a los tubos y el propio tubo de hogar, quemando los tubos). Pero a esto debemos de sumar, que en muchos momentos, la presión del vapor en el intercambiador es menor a la atmosférica cuando la presión baja por bajar el suministro de vapor, por cierre de la válvula solenoide o reguladora modulante de vapor al calefactor, ya que la presión con temperaturas por debajo de los 100ºC, que en muchas momentos ocurre, se produce un vacío que succiona por el orificio de corrosión o fisura que comunica ambos fluídos, contaminando el vapor-condensado. POR ESO RECOMIENDO NO RECUPERAR NINGUN CONDENSADO QUE CALIENTE COMBUSTIBLE, NI SIQUIERA LOS TANQUES DE DEPOSITOS Y MENOS LOS DE SERVICIO (a lo sumo, si el

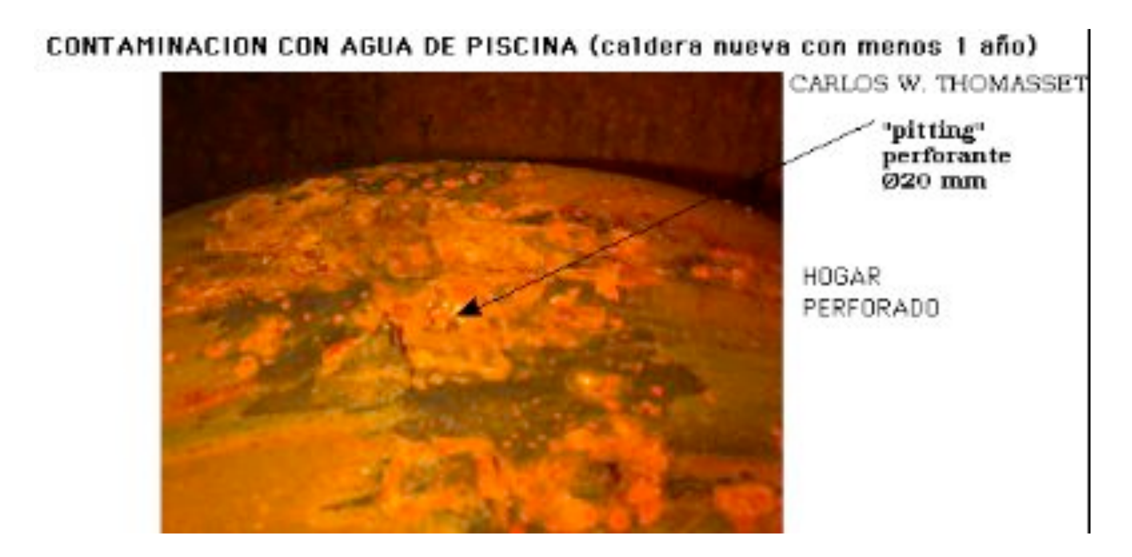
combustible se contamina con F. Oíl lo notaremos en el comportamiento del quemador, la llama comienza a ser inestable y se nota un chisporroteo en la misma. Vemos cuando entra F. Oíl al agua de caldera, cuando la oscilación de los niveles empiezan a tener comportamiento de "nerviosismo" y el cristal se empieza a mancharse con el F.Oíl y se vé sobrenadar una "nata" oscura sobre la superficie de interfase adentro del tubo de nivel entre el agua y el vapor.

Los otros condensados de riesgo son todos aquellos que son agresivos que son calentados (incluso si el calentamiento es directo con vapor, ya que cuando se cierra el vapor al cerrar la cañería de alimentación la presión interior de los caños pasa hacer menor que la atmosférica al bajar la temperatura por debajo de los 100ºC y peor cuando se apaga la caldera al fin de la jornada, puede hasta "chupar" de alguna tina o baño hasta inundar la caldera con este producto que contiene desde corrosivos como ácidos (caso de fábricas de esmaltados y decapados, curtiembres, chacinerías, etc.), esto se arregla poniendo válvulas de retención en la cañería de vapor y "rompe vacío" de manera que entre aire a la cañería si se produce vacío, esto es fundamental. Pero la contaminación al perforarse un "serpentín" o doble fondo, que se provoca por la misma agresividad de los líquidos corrosivos que se calientan, pueden ser muy problemático, la caldera se puede atacar por la contaminación o incrustar, por eso hay que controlar en forma sistemática a estos condensados (midiendo el PH, el TSD que debe ser menor a 20 ppm y la dureza puede ser otro factor a medir que debe ser cero). El no control de los condensados en forma general, puede ser un problema que al detectar la pérdida ya la corrosión o la incrustación de la caldera está muy avanzados ambos problemas: corrosión y/o incrustación-barros (muchas veces si no se hacen análisis sistemáticos del agua de caldera y no se sabe como interpretar y solo se corrigen sus valores, no alcanza, hay que medir directamente los condensados generales por lo menos y si se nota una alteración, ir a buscar las zonas de probable contaminación y analizar sus condensados para encontrar el problema (aunque como el en caso del F. Oíl, hay condensados que no conviene recuperar y el vapor "bloquear" con retenciones, sólo recuperar el calor por medio de intercambiadores de placas sea el de menos riesgo, pero no seguro ya que este tampoco debe perforarse.

Los otros condensados peligrosos de recuperar o no aconsejables son los de "vapores vegetales" o "vapores animales" de la concentración de productos en concentradores de varias etapas (el vapor directo podrá ser recuperado su condensado, si no hay perforaciones en las serpentinas o intercambiadores, pero los vapores de la etapas siguientes pueden tener contaminaciones por arrastre de la evaporación de vapor del proceso

vegetal o animal de los concentradores al concentrar). Los procesos más peligrosos son los concentradores de leche para leche en polvo, los concentradores de jugos o azúcares, etc.. No son fáciles de poner "detectores" simples por conductivad ya que son elementos orgánicos que no ionizan demasiado en el agua para ser detectados automáticamente y abortarlos (incluso poner una alarma, pero es mejor automatizar de manera de "abortar" el condensado apenas se detecte su contaminación).
Con los azúcares, como pueden ser arrastres grandes de los concentradores y evaporadores, conviene cada hora hacer un control (con una análisis con alfha-naftol y ácido sufúrico, la presencia de azúcar dá trazas de color azulado).
UN CONTROL ESTRICTO DE LOS CONDENSADOS DAN SON LA VIDA DE LA CALDERA EN LA MAYORIA DE LOS CASOS Y ADEMAS PUEDEN HASTA PROVOCAR UN ACCIDENTE (por arrastres masivos del agua de caldera, dependiendo del tipo de contaminante y concentración).
Bueno, el tema dá para mucho, pero lamentablemente se le dá muy poca importancia por parte de los tratamentistas que no tienen experiencia de años, cuando se dán cuenta es tarde muchas veces (como ocurre con los calentadores de piscina que cuando "pierden" el cloro practicamente se come a la caldera, sea por la línea de vapor o la recuperación de los condensados en calentadores no aptos para estos servicios y falta de control de los tratamentistas (por eso es muy importante los análisis hechos por el "foguista", ya que cualquier aumento necesario de los secuestradores de oxígeno, como el sulfito de sodio, aumenta su necesidad de suministro, en caso de haber contaminación por cloro, es una "alarma" a tener muy en cuenta.
Pongo un par de PDF mostrando la contaminación de vapores "animales" de
concentradores en una fábrica de leche en polvo (se forma una incrustación muy dura, casi "inerte" a las limpiezas químicas, esta caldera colapso y la reparación costó como U$S 100.000 dólares y la caldera tenía apenas 3 años de uso, dió muchas muestras de contaminación
por la oscilación de niveles y el corte por bajo nivel como un año, pero no hicieron caso a mi informe reterativo de que el agua se estaba contaminando y fueron como 3 informes en distintos momentos, yo no era su tratamentista, fuí contratado para "desentrañar el misterio" que la fábrica de caldera se la agarraba con los controles de nivel y no con el verdadero problema: la alteración de la circulación interna, primero por el problema de la tenso-actividad afectada y luego sumada poco a poco la inscrustación con silicatos que afectaba la circulacióny transferencia.
El otro PDF en donde muestro incrustaciones, la de sílice corresponde a

una de las calderas que eran de la Central Calcagno para vapor de baja, (una Killer que en los años 70-80 se trasladó a la refinería) que fueron trasladas a la ANCAP y donde se incrustó con sílice por falla del agua desmineralizada y tratamiento inadecuado, cuando quedó fuera de servicio la caldera la compró una curtiembre de Florida que me pidió que se la limpiara, le aconsejé que vendiera los tubos para "parrales", ya que era sílice prácticamente pura y realmente para cortar un tubo había usar un disco de corte de diamante (pero de todas maneras que nobles calderas, debería tener más de 60 a 70 años de fabricadas y uso).



¿Que problemas me puede traer quemar aserrín en una caldera humo-tubular?

Bueno, ya lo he expresado en este Foro de Energía, lo primero que hay que tener en cuenta si el sistema de combustión de aserrín introduce la ceniza por los pases de la caldera (incluyendo el tubo del hogar hasta la chimenea, cajas de humo, etc.), la ceniza de un aserrín es muy corrosiva por erosión mecánica (es como si fuera un arenado a impactar durante su trayecto a chimenea, que debemos tener un separador antes de la chimenea y dispersar los gases, problema no fácil y barato de resolver, pero que si no se pone desparramaremos ceniza por la descarga de los gases de chimenea en toda la área de influencia. La ceniza de aserrín es muy variable en cantidad y calidad, puede ser entre un mínimo del 1% hasta un 5% aprox. (como las cáscaras de pinos de los aserraderos de pinos, especialmente por su cáscara gruesa y con mucho carga del medio ambiente del lugar del árbol, arenas en muchos casos,

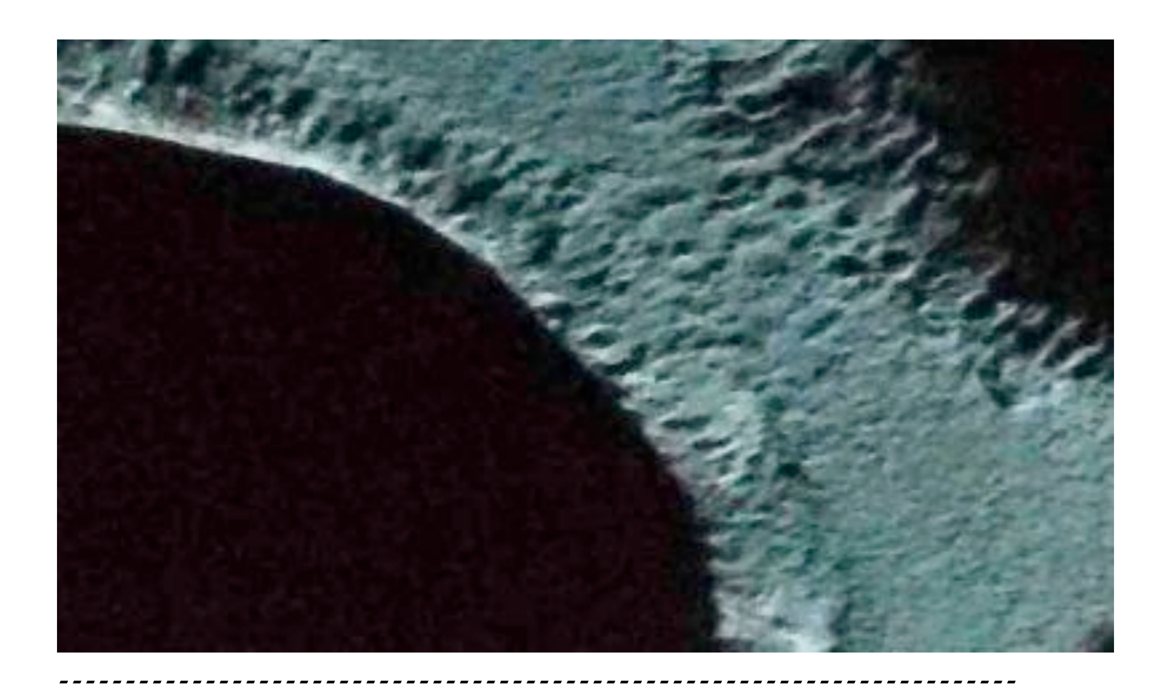
que pasa a incrementar el efecto corrosivo por erosión. Hay que pensar que la velocidad de los gases en los distintos pases de la caldera (que al principio el volumen es muy grande por la alta temperatura y la dilatación de los gases, lo que implica un gran velocidad, muchos metros por segundo, en algunos casos superan los 30 m/s, la cenizas (elementos químicos que han perdido los volátiles y las partes que se descomponen por temperatura como los bicarbonatos y carbonatos, no así las sales de ácidos fuertes) impactarán en los cambios de dirección y en los el efecto torbellino adentro de los tubos sobre las distintas superficies, erosionando de acuerdo a la velocidad y el ángulo del impacto, siendo muy a considerar los "vórtices" (torbellinos o remolinos que se generan cuando las corrientes de gases penetran en los tubos, una zona muy afectada por la corrosión). Ahora estos problemas en la cáscara de arroz se multiplica muchas veces (la ceniza de arroz puede llegar al 22% de sílice y ademas en los gases van azufre que contiene la cáscara, que afecta la velocidad de ataque).
El aserrín no solo tiene un efecto de erosión mecánica con sus cenizas, sino que esta erosión mecánica puede ser incrementada por el ataque de gases corrosivos (según sea la procedencia de los árboles, no solo por la influencia del medio ambiente, sino por efecto de la mano del hombre al tratar en algunos casos la madera para que no se pudra, como ocurre con los sulfatos (sulfato de cobre tan usado, pero super corrosivo).
Ahora, la propia combustión limpia es un proceso que en ciertas zonas de la llama hay un ambiente en proceso de combustión del carbono en que hay mucho CO (monóxido de carbono), el CO de por sí en altas temperaturas (arriba de los 500ºC y cuanto más alto peor, y si estamos inmersos en la llama esas temperaturas en general son totalmente superadas), este CO es tremendamente corrosivo en estas condiciones, "acelerando" el ataque erosivo mecánico de la ceniza.
Este ataque de corrosión por erosión, por esta última razón se puede dar especialmente en aquellos sistemas de quema de aserrín que la combustión continúa en el tubo del hogar, es decir se produce como una "post-combustión" en la cámara de humos trasera y el ataque de la placa puede ser un serio problema, ni que hablar de los vórtices que se forman a la entrada de los tubos del primer pase, en donde la llama se apaga (el problema se multiplica, la llama apagada significa la posibilidad sumada no solo de CO, sino de "gases piroleñosos" (muy corrosivos en las zonas frías, pero que cuando hay ataque erosivo se acumula a los ya nombrados como el CO (que ataca a alta temperatura). Hay que considerar que la placa trasera de una caldera humo-tubular tiene dos zonas bien diferenciadas termicamente, la zona "bajo agua" (que si bien se supone que tiene buen enfriamiento, puede que no sea sí no solo por

incrustaciones o barros, sino por lo complicada que es la circulación del agua de enfriamiento al formar una capa de vapor aislante, que si bien todavía puede estar la placa relativamente fría, aunque superada su temperatura normal, un poco por sobre la del vapor saturado, del lado gases las temperaturas superficiales pueden ser muy altas, no deberían superar 28ºC sobre la temperatura del vapor saturado, pero en estas condiciones esta superficie tan "recalentada" es atacada mecanicamente por erosión de la ceniza y por el el efecto del CO, ya que por lo general supera los 500ºC (no hay que olvidar que el grosor de la placa se limita por la necesidad de mantener un grosor que el gradiente de temperatura le permita estar relativamente fría frente a los gases, cuanto más gruesa la placa más se recalentará su superficie del lado de los gasse (y esto se agrava cuando hay zona entre tubos de difícil circulación entre los tubos, que en general podran estar algo incrustadas la placa por falta de "lavado" de la pobre cirulación de agua. Pero la parte más débil, es la zona de la cámara de vapor, el vapor es un mal refrigerante, por lo que esta zona de la placa en la cámara de vapor (que no debiera del lado gases superar en su superficie los 28ºC, conviene que esté aislada dividiendo la caja de humos de la zona de gases caliente o aislando la placa directamente (algo que se hace si no hay otra forma de proteger la placa o sea dididir la caja de humos).

Para mí quemar aserrín en una caldera humo-tubular, y no perder la caldera en meses o pocos años por "desgaste" de corrosión por las cenizas, la cámara combustión no solo no debe permitir que la ceniza penetre la vena de gases que pase por la caldera o sea que la ceniza quede y se extraiga en la cámara de combustión (esto se logra con cámaras de combustión que quemen "briquetas" a baja velocidad de combustión, en quema directa, con grillas de acero al cromo-niquel para alta temperatura, a muy bajas velocidad de aire). O si nó, la pérdida de caldera debe estar en los costos del "negocio" del aserrín barato (en estos temas he estado hasta en los juzgados, incluso uno de los primeros jucios orales me tocó ser testigo técnico).

Pongo un pequeño PDF sobre una placa con pocos meses de marcha y muy atacada.

Bueno, no sé si fuí claro, ya que hay mucho más para comentar.....pero aquí hay límites de paciencia.

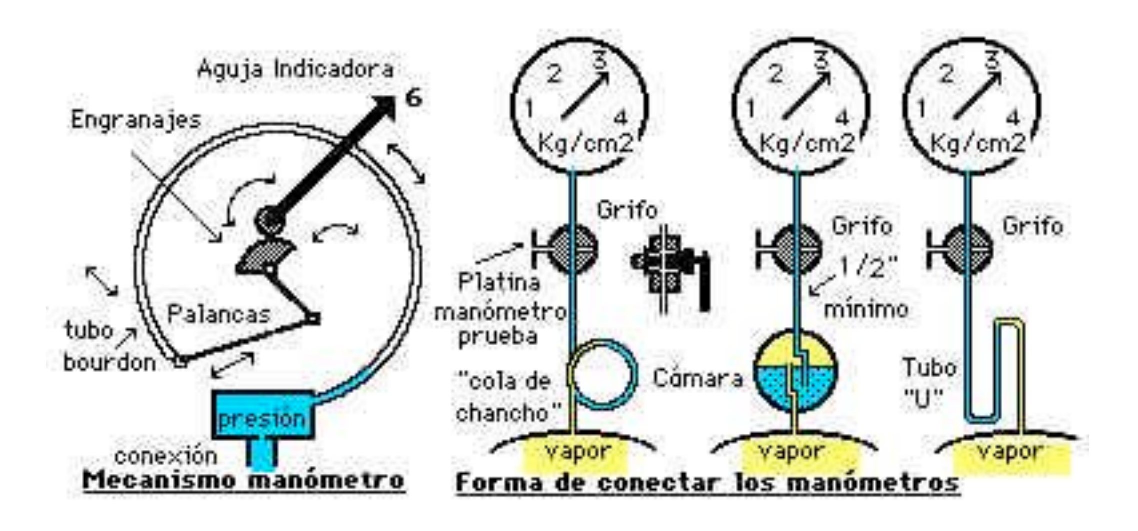


¿Puedo conectar el manómetro en la caldera con una válvula esférica o grifo de un solo pase?

No. Esto es muy peligroso, ya que alguien por error puede dejar cerrado el grifo o válvula de bola y menos usar una válvula de globo o esclusa. Los grifos de conexión de manómetros a las "colas de chancho" u otro sistema de condensación para aislar el vapor del tubo "bourdon" (que en realidad es un sello de agua), un tubo formando un semi-circulo con un extremo fijo y el otro móvil o sea libre para que se mueva (siendo el tubo "bourdon" el elemento sensible a la presión del vapor y traslada la fuerza de la presión a un movimiento amplificando por la aguja del manómetro a la indicación correspondiente de calibración a la "esfera" del manómetro (donde están marcadas las presiones por número y escalas, con la correspondiente indicación manométrica (gauge en ingles) en Kg/cm2 (kilos por centímetro cuadrado) , atmósferas o Lb/# (libras por pulga cuadrada), por lo que este "tubo bourdon", que es de cobre o acero inoxidable, no debe ser afectado por la alta temperatura del vapor y por los gases corrosivos que puedan haber (CO_2, O_2, amoníaco en el bronce, cloruros en el inoxidable, etc.) en el vapor, por eso no debe ser purgado el manómetro en forma indiscriminada, ya que la formación del

sello aislante de condensado demora un cierto tiempo en que el manómetro está conectado directo al vapor, incluso no debe "gotear" la conexión del grifo ni ninguna otra de las salidas, esto termina estropeando el manómetro. Tampoco la "cola de chancho" o cualquier tipo de "sello" hidráulico no debe tener válvula de corte, debe ir conectado direcamente a la cámara de vapor.
Los grifos de conexión deben ser especiales, de 3 vías, una conecta a la caldera, otra conecta al manómetro y otra conecta a la platina del grifo de pruebas (que también sirve eventualmente para purgar el manómetro y la "cola de chancho", que no se debe abusar porque se rompe el "sello hidráulica".
Hay dos grifos normalizados, el americano que cumple las normas ASME y el grifo europeo. La diferencia es muy importante, ya que el americano es mucho más seguro de no cometer un error que alguien (por error o por malicia) cierre el manómetro con presión o con presión cero, lo que provoca confusión para el operador y puede hacer maniobras con los controles de la caldera que pueden llevar a un accidente. El grifo americano permite con una sola "manivela", visible para cada posición, en cada posición dejar bien claro que es lo que está conectado (ya que si cerramos el manómetro dejamos perdiendo (o goteando) el grifo por la platina que queda abierta con el manómetro en cero y eso es un aviso de que alguien cerró la conexión al manómetro, y si ponemos el manómetro patrón (algo obligatorio en todo sentido para hacer pruebas hidráulicas y ajuste de válvulas de seguridad y presóstatos, algo que no se hace, pero un manómetro patrón es más seguro en calidad y calibración que un manómetro de marcha de la caldera, por eso los inspectores deberían usarlo y enseñar su necesidad y utillidad). En el caso que conectemos el manómetro patrón, quedarán los dos manómetros conectados y protegidos por la misma "cola de chancho" o sello hidráulico de condensado. En le grifo americano mirando la manivela del grifo tenemos claro en que posición se encuentra y esto alerta al operador si alguien a tocado el grifo y ha bloqueado al manómetro. En el grifo europeo la maniobra es más complicada, ya que hay dos válvulas y sus volantes, lo que obliga a razonar a que maniobra está respondiendo (he participado en corregir errores que han vuelto loco a los operadores en calderas europeas con estos grifos, por lo que aconsejo se usen grifos americanos con Normas ASME (aunque si tenemos la necesidad de cambiar el grifo, podremos hacer en forma temporaria con grifo de 3 vías de una válvula esférica (que gira la posición los 360º o sea las 4 posiciones y el manivela es observable, poniendo una platina para el manómetro patrón en la conexión media).
Bueno, en la pg. 73-74 del "Pequeño Manual del Foguista" 2011 10a.

edición estoy mostrando ambos grifos para que razonen sobre el tema que he contestado. Si no lo tienen, lo pueden bajar gratis en :
https://docs.google.com/file/d/0B035waRjqQd_b2ZjMVc2bi03dGs/edit?usp=sharing



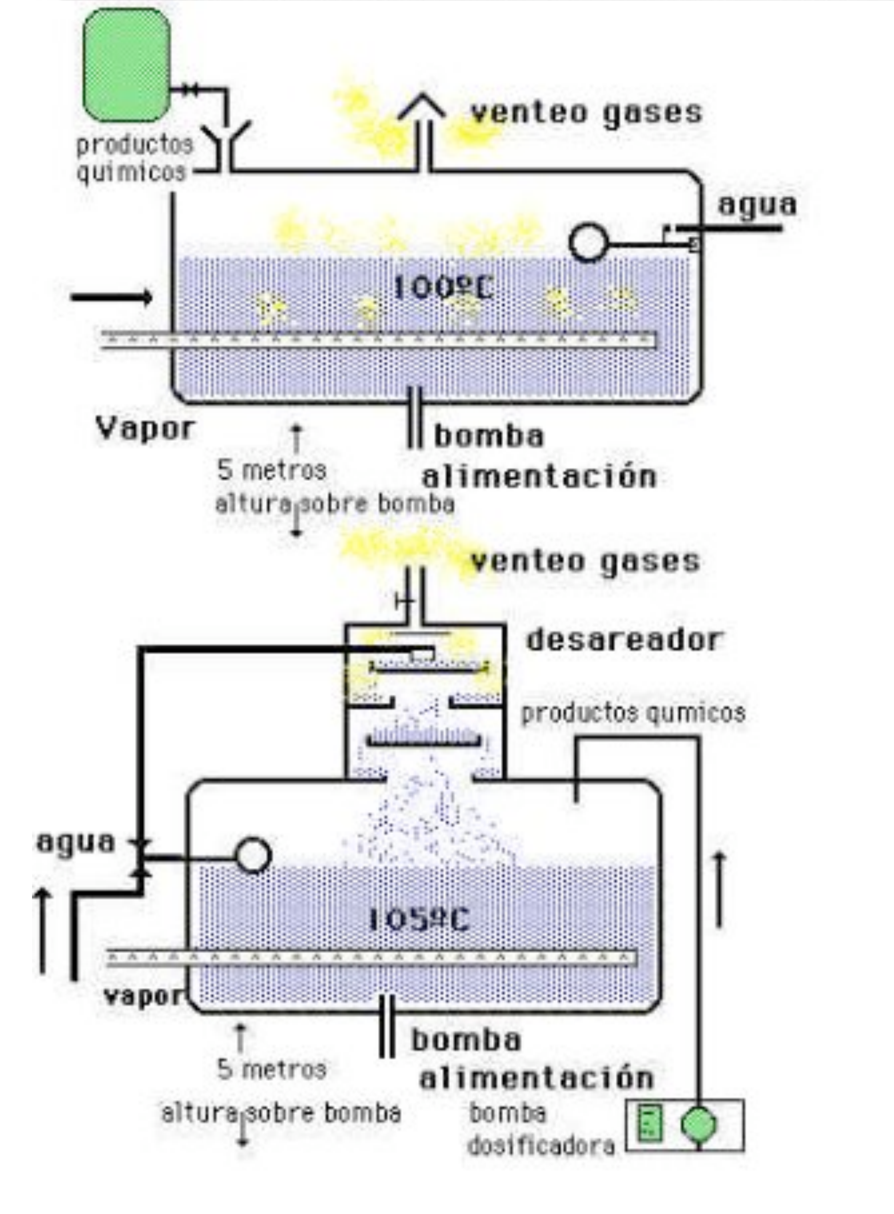
¿Tengo un problema con la alimentación de agua, cuando la caldera está con la carga máxima a la bomba de alimentación como que le cuesta mantener el nivel, que puede ser, ya que la bomba por su capacidad y presión sobraría?

Bueno, esta es una pregunta que debemos contestarnos paso a paso:

1-Cuando recién se instaló la bomba alcanzaba a alimentar la caldera en las condiciones de máxima vaporización con el agua a 95ºC, como debe ser (con el tanque de alimentación a no menos de 4 a 5 metros de altura de la succión de la bomba).
Respuesta posible: Esto puede ser, que la bomba pueda estar con problemas de suministro de agua a la entrada del rodete, quizás, si le han puesto el filtro que le corresponde, que el filtro de succión haya que limpiarlo, ya que al tener una "restricción" por estar semi-tapado, produce una pérdida de presión a la succión (como si el tanque estuviera a baja altura y la alimentación de agua fría), en este caso es probable que sentiríamos un sonido como de "granallas" batidas en un tarro, lo

que significa que tenemos una cavitación por falta de alimentación, y esto puede llevar a la destrucción de los álabes de la bomba, además del problemas de alimentar correctamente la caldera.
2-Si al principio de la instalación la bomba producía los mismos síntomas, falta de capacidad, "ruidos de cavitación", tanto con agua fría como caliente, y la bomba es la adecuada, el problema pueder ser:
R-Filtro de succión con pérdida de carga por ser pequeño para el caudal o la malla de chapa o malla de alambre son muy cerrados y generan una pérdida de carga. O puede que en la succión se hayan puesto cañerias con trazados inadecuados, se pusieron codos en vez de curvas, ya que los codos tienen más pérdida de carga, o la cañería es de muy poco diámetro o demasiado "largas" las distancias o las válvulas que se han puesto, tanto a la salida del tanque como a la entrada de la bomba no son de "pase total" (válvulas de globo no se pueden poner, deben ser esféricas o de esclusas). O hay una cañería demasiado larga a la succión, esto aumenta la pérdida de carga, o ha caído una herramienta en el montaje adentro del caño, o hay entradas de aire contra la succión de la bomba donde hay siempre una empaquetadura o un sello mecánico.
2-Si al poner en marcha, por primera vez, ya tenemos problemas de alimentación y todos los problemas anteriores no están ocurriendo (pérdidas de carga a la succión), el problema puede ser que las válvulas de retención (normalmente en las bombas modernas son dos) son mal elegidas y generan una gran pérdida de carga a la salida cuando tenemos un caudal importante de alimentación. Generalmente las válvulas de retención de "bolas" (una esfera de acero adentro del cuerpo de la válvula en vez de "clapetas" (asientos planos tipo "plato"), estas presentan problemas de pasaje de agua por su gran pérdida de carga, no solo por el peso de la bola, sino por la forma interior como si fuera una válvula de globo donde hay grandes cambios de sentido en la corriente de agua. Este problema se detecta si tenemos un manómetro a la descarga de la bomba de alimentación, de manera que estando la presión de la bomba con mucha diferencia de la presión de la caldera, es evidente que las retenciones tienen una "restricción" (ojo, estamos hablando de regulación de alimentación "ON-OFF" (pasa o no pasa, no un sistema de modulación de cualquier tipo, que por lógica es la pérdida de carga la que regula la alimentación y no la apertura y cierre de una válvula).
Lo más importante siempre es tener el tanque de alimentación a una altura no menos de 4 a 5 metros de su fondo de la alimentación de la bomba (de manera de tener una presión positiva a la entrada de la bomba, ya que a medida que el agua se calienta, como debe ser, a por lo menos 90ºC, pero si miramos una "Tabla de vapor" veremos que de 0ºC a 100ºC la

presión si bien es vacío respeto a la atmosférica (en 100ºC se iguala con la presión atmosférica de 1.033 Kg/cm2, de manera que en esta temperatura debemos compensar la presión del vapor porque el álabe de la bomba no tiene condiciones para evitar la "cavitación", o sea la transformación del agua en vapor y el vapor impide que el álaba impulse el agua, una bomba con agua fría puede "succionar" en la práctica hasta unos 7 m.c.a. (metros de columna de agua) como sucede en un pozo que bombeamos poniendo solo una retención a la succión y que no entre aire del lado de succión, la misma funcionará bombeando agua, a medida que la presión atmosférica sea mayor que la presión del vapor a esa temperatura del agua o sea que a medida que el agua se calienta hay que ir disminuyendo esa diferencia de altura, hasta llegar teóricamente a cero altura para bombear (en la práctica esto es teórico, ya que tenemos que vencer todas las pérdidas de carga de la succión para evitar que se forma vapor a la entrada de la bomba, por lo que si bombeamos agua de a 100ºC debemos pensar que el tanque debe tener una presión no menos de 5 m.c.a. desde su superficie a la entra de la bomba y la instalación de succión adecuada, si el tanque de alimentación trabaja a más de 100ºC cuando tiene la función de "desareador" del agua, la presión del vapor en la cámara de vapor compensa a la presión generada por la temperatura del agua y su efecto es nulo, o sea, aunque el tanque tenga presión de vapor saturado esta presión no influye en la succión, hay que seguir manteniendo la presión positiva de la altura sobre la succión de la bomba de alimentación, error que muchos se han "comido" y han tenido problemas con las bombas). Este es un tema un poco complicado de entender en teoría, pero en la práctica lo pueden comprobar (muchas calderas con los tanques de alimentación muy bajos o las instalaciones de succión mal hechas, tienen que tirar condensado y agregar agua fría de reposición para que la bomba alimente la caldera, esto es una gran pérdida).
Cuando las bombas cavitan, se estropean, ya que la "implosiones"de la cavitación sobre la superficie de los álabes (lado contrario al empuje), produce una erosión por corrosión mecánica de esta "implosiones", que si los rodetes son de bronce y el agua de alimentación contiene amoníaco en alguna de sus formas, el ataque es mucho mayor y destruye a los rodetes en días de marcha. He tenido resolver estos grandes errores en plantas importantes, que las bombas de muchos miles de dólares no duraban más que un par de meses.
Veamos un PDF sobre la presión del agua y su temperatura en referencia a la presión atmosférica que solo varía por altura y las condiciones meteorológicas.



¿Actualmente en Uruguay hay algún riesgo que pueda "existir" la "fragilidad cáustica" en caldera?

Yo creo que sí, especialmente porque es muy común el uso de

ablandadores de agua en ciclo sódico con aguas de pozo con altas alcalinidades (Dureza Temporal en su mayor parte, o sea bicarbonatos de calcio y magnesio más bicarbonatos de sodio de la propia agua) la Dureza Temporal (no confundir con la Dureza Permanente, por otras sales de sodio que el calor no descompone), ablandada serán bicarbonatos de sodio, que sumados a los bicarbonatos de sodio que pueda traer la propia agua del pozo, con el calor o se alta temperatura del agua de calderas inmediatamente descompondrá los bicarbonatos de sodio en anhídrido carbónico que se va con el vapor (corrosivo por vajarle el PH al condensado y este ataca al hierro de la instalación en las zonas en contactos con condensado), y en "soda libre" que va quedando en la caldera y que solo saldrá por las purgas (sean de fondo y contínua fundamentalmente usada para este uso) y se podrá neutralizar un poco utilizando sales con tendencia ácida que puedan reaccionar con esta "soda libre" (como los fosfatos que en vez de tener 3 sodas como el fosfato trisódico, al reaccionar con la "soda libre" se transforman en fosfato trisódico). La utilización de ácidos para neutralizar es un tema con mucho riesgo, si bien disminuimos la "soda libre", aumentamos las sales solubles que de todas maneras hay que purgar y corremos el riesdo de atacar el metal con el propio ácido y el uso no muy cuidado del mismo. Por eso lo mejor es el uso de ósmosis inverso que retiene la mayoría de las sales, matamos 2 pájaros de un tiro, sacamos las sales que producen "soda libre" como los bicarbonatos y eliminamos las sales en general que producen la necesidad de purgar (al purgar al mínimo es un gran ahorro de combustible muy importante).

Si bien la ósmosis inversa tiene un rechazo de parte del agua que hay que tirar, es mejor tirar agua fría que agua caliente que cuesta dinero en combustible calentar y ocupa lugar en la producción de vapor de la caldera.

Cuales podrían ser los lugar peligrosos para que esta "soda libre" actúa formando concentraciones que lleguen a valores de "fragilidad cáustica", en todos aquellos lugares en que el agua de caldera cargada ya de "soda libre" tiende a concentrarse, como zonas de vaporización del agua sobrecalentada (caso de las zonas de las placas en que puedan ser "salpicadas" con agua o espumas, si estas placas están más calientes que el agua, como ocurre cuando las calderas humo-tubulares a biomasa tienen "post-combustión" y las placas en las zonas de vapor de la placa se sobrecalienta más de 28ºC, esto puede llevar al corte de los stays soldados sobre las placas y las envueltas, especialmente en la zona de soldadura del stay a la placa, por ser la zona baja con posibilidades de concentrar el agua de caldera. Las zona de muy alta vaporizaciones, como ser en la calderas en ciertas zonas, como los tubos afirmados a la placa

trasera y son entrada de gases muy alta temperatura al primer pase de tubos en calderas humo-tubulares que con la concentración de soda tienden a fisurar, o en calderas acuo-tubulares en donde una vaporización extrema se produce una concentración de sales muy alta por la evaporación del agua, aunque en este caso el riesgo es una fisura o bellota del tubo por afinamiento del metal que va siendo atacado por la soda.
En una palabra, si bien el 95% de las fallas peligrosas por "fragilidad cáustica" (calderas remachadas) ya no existen en la práctica, tampoco podemos despreciar estas fallas provocadas del 5%, porque pueden ocurrir fallas como el corte de los stays que pueden llegar a provocar la explosión de una caldera.
Recuerden que siempre estas son mis opiniones.......y me hago cargo.
Pongo un .JPG mostrando la concentración de sales en una placa con "sobrecalentamiento" por "post-combustión" en una caldera de biomasa.



¿Porqué la "fragilidad cáustica" era la mayor causa de las explosiones de las calderas remachadas en el siglo 19 y principios del siglo 20?

Bueno, esto es cierto, no fué un tema fácil resolver, ya que había varios problemas que incidían en el tema.

La "fragilidad cáustica" en el hierro para que se produzca un "micro-fisura" que debilitará al remache y a la propia estructura metálica de las calderas expuestas. Siendo la explosión de una envuelta en una caldera humo-tubular el accidente más grave que puede ocurrir, y considerando que toda envuelta tiene uniones longitudinales (y transversales que no comprometan tanto como la primera), si esta unión longitudinal pierde su capacidad de "sosten del gran esfuerzo que soporta por la presión de la caldera (que no recibe por lo general calor, pero que en aquello años se estilaba que ciertas partes de la envuelta estuvieran en contacto con el "fuego" y lo que es peor en la zona inferior de la misma en donde "justo" se depositan los barros que aíslan la chapa del agua de refrigeración del interior de la caldera, llevando a material a condiciones extremas para soportan tan gran esfuerzo).

La "fragilidad cáustica" (en inglés: "caustic embrittlement") para que ocurra
deben existir tres factores:
1-Una causa que permita que el agua de caldera se concentre por evaporación.
2-Una cantidad de soda libre (hidróxido de sodio) acumulada, por lo general arriba de los 50.000 ppm (y en cierta solución con agua). Es lo mismo
que 5 Kg. de soda por m3. de agua.
3- Una tensión por "stress" (tracción, como ocurre en los stays que unen placas y envueltas en calderas humo-tubulares, provocada por la presión del vapor y el empuje alternativo de tubos y hogares que unen ambas placas).
En el caso de los remaches en las uniones longitudinales de la envueltas, la tensión en cada remacha que pueden cortar si se dan las dos primeras condiciones y además la propia chapa de hierro de la envuelta que puede fisurar longitudinalmente o transversalmente en menos posibilidades.
¿Porqué este fenómeno de "fragilidad cáustica" con la rotura de la envuelta dejó de ocurrir o bajó a valores muy bajos cuando las calderas se empezaron a soldar?
Primero se intentó investigar en Universidades y por particulares, cual era la relación entre la tensión necesaria y la concentración de las sales cáustica causantes del problema (se hicieron máquinas que sometían varias probetas a distintas condiciones químicas, estáticas de tensión y temperaturas, viendo los tiempos en que ocurría la falla. Incluso se utilizaron distintos productos químicos y relaciones de los mismos en el agua de caldera con el hidróxido de sodio, que evitarían el

la fragilidad cáustica (como los sulfitos, los taninos, que yo lo he usado el la máquina "Corazón de Fuego" de la película, ya que estas locomotoras fueron famosas por sus explosiones de calderas, están llenas de remaches y stays, cargan el agua "disponible" de los más distintos orígenes). Ablandar el agua por intercambio iónico con soda es una arma de doble filo, por un lado evitamos los barros y por otro favorecemos la fragilidad cáustica por transformar la dureza temporaria en sales de sodio (la que tenemos que combatir, con purgas y neutralizando con productos de tendencia ácidas en los tratamientos con fosfatos, cosa que en una máquina de ferrocarril es imposible, por eso yo he hecho ablandamiento interno, tranformando la dureza en barros extraíbles y protegiendo con taninos para neutralizar la "fragilidad".
Ahora sigue en pié: porqué el remache el gran culpable de esta época desoladora de tantas muertes por explosión de calderas.
El mecanismo es así, los remaches sometidos a todo tipo de tensión dinámica cuando marcha la caldera, por mejor remachados que estén, si los mismos se "aflojan" y permiten que la unión solapada de la envuelta permite una pequeñisima pérdida de agua entre las solapas de unión de la envuelta o el propio remache, el agua es como si la hicieramos pasar por una zona en donde las sales quedan atrapadas y la propia evaporación del agua de pérdida se concentran las sales a valores no permitidos porque llegamos a los límites de "fragildad".
Se puede cortar el remache, se puede fisuran la chapa de la envuelta, etc.
Yo he llegado a dar de baja varias calderas remachas, con más de 50 años de uso, en que los responsables ni soñaban que estaban "sentados" al lado de una bomba de tiempo. Para demostrarle que casi seguro gran cantidad de remaches ya estaban cortados, se pueden usar instrumentos (ahora), pero en aquellos años no era fácil disponer de ellos, por lo que yo hacía la "prueba del martillo":
con un martillo de bola de cierto peso y la caldera con presión hidráulica por encima de la presión de trabajo, la caldera fría para evitar una explosión, les iba pegando en la cabeza a los remaches, los remaches que ya estaban cortado o casi cortados, o se cortaban y quedaban perdiendo o simplemente perdían o algunos hasta "saltaban".
Esto ya estaba demostrando que el remache estaba cortado o por cortarse, lo cual había que sacar de servicio la caldera o trabajar a muy baja presión hasta cambiar la caldera lo más pronto posible (resoldar no es una solución confiable).

Bueno no sé si aclaré o oscurecí el tema, pero pueden encontrar mucho de la historia y lucha de los técnicos hace 100 años de este problema que se llevo a la tumba a miles de personas.

Cuando aparecieron las calderas soldadadas, las calderas humo-tubulares no se libraron 100% de la "fragilidad", ya que sigue existiendo por otras circuntancias que se deberán tener en cuenta (como lo que he descubierto del "efecto perverso" del corte de los stays por "sobrecalentamiento de placas" en calderas humo-tubulares por efecto de la concentración de sales en la base de los stays, sobre- calentamiento en biomasa por la producción de "post-combustión" (que los oscurantistas tratan de negar). Pueden ver mis observaciones en:

https://docs.google.com/file/d/0B9sA1bytwpClNExpR3owQlJZb00/edit
En calderas acuo-tubulares, el fenómeno es casi mínimo, pero también puede llegar a darse (en calderas soldadas, en las remachadas era también un problema en los domos que eran remachados longitudinalmente), pero las posibidades que ocurra son de menos riesgos que en las calderas humo-tubulares.



¿Sigue Ud. pensando que realmente existe la "post-combustión" en biomasa y que esta es la responsable del "sobrecalentamiento de las placas" en calderas humo-tubalares, con la posibilidad que que se produzca lo que Ud. llama "el efecto perverso" que se produce si se dan las condiciones de "fragilidad cáustica" por evaporación del agua y espumas que pueden salpicar las placas "sobrecalentadas"?

Totalmente, sigo pensando lo mismo (sin desconocer que puede haber otras causas en algunos casos), el gran peligro que significa el "sobrecalentamiento" de placa (pero debemos aclarar que ya es sobrecalentamiento cuando la temperatura del metal de la placa en la zona de la cámara de vapor supera los 28ºC, como dice una norma INDU de1950:"La norma Hindú de 1950 (IBR - 1950 _ Reg.271, Reg. 271 A, Reg.

271B.pdf), dice, que superada la temperatura de la placa en más de 50ºF (aprox.28ºC) de la temperatura del vapor saturado, se deberá proteger adecuadamente la placa del lado gases calientes por medio de refractarios con efecto de aislación de los gases calientes". Claro, de esto no se habla mucho y el porqué, pero las normas estas son en realidad derivadas de las normas Inglesas (padres de la calderas escocesas o sea de las caldera humo-tubulares).
Que me llevó a pensar en el "efecto perverso" de la "fragilidad cáustica" lo ví en una caldera que cortó los stays para mí por "fragilidad cáustica" en una prueba hidráulica, el agua de reposición y el tratamiento químico y sus malos límites puestos para dicha presión (un poco más de 20 Kg/cm2) me "abrieron los ojos" a que esta era la causa de limitación de "sobrecalentamiento" (que debemos diferenciar de los "sobrecalentamientos de placa de alta temperatura, más de 400ºC en el metal entra en una zona de degradación del grano y subiendo la temperatura llega a la deformación de la placa, estos casos se dán más en calderas de 2 pases que se han roto los tabiques de división de la descarga de gases del tubo del hogar que está a más de 1000ºC a la salida, y puede llegar los gases a la salida de chimenea en donde la placa afectada es la zona de vapor, el sobrecalentamiento por "post-combustión" en biomasa no puede llegar a temperaturas muy altas, dificilmente pasar los 600ºC, ya que son gases muy pobres y masas en combustión de relativamente pequeña cantidad, dado que ocurren por lo general en los momentos que la caldera está casi parada la combustión, pero que entra aire suficiente por bajo grilla, habiendo zonas ricas de gases y zonas ricas de oxígeno que se mezclarán en las cámaras de humos pudiendo entrar en combustión (es diferente cuando la "post-combustión" se produce en una cámara torsional que pierde la llama de su interior y se reestablece en una zona interna de la caldera, que si es una zona refrigerada no hay problema, pero si es un ducto, un multiciclón o un tiro inducido, puede llevar a la destrucción del metal.
En estos días he estado compartiendo estas ideas con mi amigo de toda la vida en calderas (ahora ya jubilado, pero ha sido el ingeniero que más calderas a fabricado en el Uruguay del siglo pasado)
y él piensa que lo que digo es muy razonable. Además digo como evitar el "sobrecalentamiento de placa" o se la "post-combustión" con la protección de aislar las placas con refractarios o escudos o dividiendo las cajas de humo en donde se dén las condiciones, pero además como eliminar el problema que la "post-combustión" se genere, poniendo la regulación del aire bajo grilla por medio de persianas (de regulación del 100% o se de 0% a 100% y no solo poner para regular motores de ventiladores con convertidores de frecuencia que no regulan próximo a 0%

de combustión porque dejan abierto la entrada de aire al bajo grilla, que si aún si la cerraran por medio de persianas y un pistón neumático, en muy baja carga o diría menos del 10% de combustión hasta cero no habría regulación de la combustión, arrancando el motor del ventilador del bajo grilla ya con una necesidad de carga arriba de este supuesto 10% (lo que es lo mismo que sacarle la primera a la caja de cambio de un auto).
Muestro la foto de estos días de un caldera que tiene el problema en las dos placas (ya que la placa delantera tiene la zona de vapor vapor expuesta a los gases y el tamaño de la caja de humos le permite las condiciones de entrar en combustión).
Claro, de este tema la ignorancia impera, ya que este conocimiento no sale de los libros, sino de exponerse a la realildad del manejo o sea operación de las calderas de todos los días.
Creo que hemos perdido un precioso tiempo, que a veces me parece que es más "llevar una contra" contra mi persona que realmente preocuparse si tengo o nó razón o me pregunto si estarán esperando que se "mate alguien" para poner las "cosas en su sitio" (creo que es una idea muy mezquina y poco inteligente, si realmente me quieren descalificar, lo mejor es tomar una caldera "problema" y poner las regulaciones de aire como yo indico y esperar un tiempo prudencial para ver si el fenómeno de "post-combusión" se sigue produciendo. Además si lo hacen, les aseguro un ahorro de combustible del 10% no sería ajeno a esta acción al mejorar la regulación de combustión, lo que hacer la prueba tiene asegurada su amortización).
El PDF que puse, responde a una caldera con 5 años de marcha, que tiene las dos placas recalentadas, una protegida hace un año y la otra hace 2 años (la que muestro).



¿Que problemas tendría si quemo "aserrín" de madera (biomasa de desperdicio de aserraderos en forma de pequeña partículas del aserrado de la madera?

Bueno, este es un tema entre técnico, contaminación y económicos.

Veamos
por orden los distintos parámetros que me pueden afectar.
1-Lo primero que debo observar es que cuando quemo "aserrín" es que si bien se comporta al quemar por lo general como un combustible "pulveridado, como el F. Oíl, sea en forma de "cámaras torsionales" exclusivas para la función (con llama asistida auxiliar de diversos orígenes, pero un costo a contemplar, que el costo del combustible auxiliar más el mantenimiento pueden ser importantes) o en forma complementaria de una combustión en forma de "quema directa" en "suspensión" o en "cámara torsional" de un gasógeno por inyección auxiliar en un cierto % de la combustión. En cualquiera de estos casos debemos de decir que las cenizas (con micro-carbones del resultado de combustión incompleta por distintas razones), va todo a parar con los gases a través de la caldera y si no hay un sistema muy adecuado saldrá por la chimenea contaminando por "micro-partículas" (particulado) de distintas composición (sales fundentes y no fundentes, sea sílice, Ca, Mg, y otros) por la chimenea, elementos todos contaminantes para la salud humana y el mantenimiento de la propia maquinaria de la fábrica (sea aire comprimido, aunque tenga filtros, a mecanismos que sufren la fricción, etc.).
Veamos que diferencia tienen la cantidad de cenizas según los combustibles:
El gas natural y otros gases más pesados (de garrafa) prácticamente no tienen cenizas.
F. Oíl.........en general menos de 0,2 %.
Leña (biomasa en general) por general entre 1% y 0,8% o más, o sea entre 4 a 5 veces más de cenizas que el F. Oíl, aunque hay leñas con más cenizas, no solo por el origen del tipo de planta sino por la zona de que procede (cuya composición de las cenizas aumenta por los elementos que nutren a las plantas) y por la mayor presencia de cáscaras (que en muchas especies pueden influir en el % de cenizas).
Cáscara de arroz (y otras cáscaras tienen variaciones), en este caso la cenizas son más del 21% o sea la 5 parte del peso que se quema de la cáscara, siendo su composición muy abrasiva (por el alto % de sílice y la ayuda de la corrosión de la pequeña cantidad de azufre que contiene, una erosión combinada entre abrasión y la formación de componentes de azufre con el oxígeno que ataca al metal "desnudo" por la abrasión mecánica, aumentando el efecto de desgaste del metal (esto es fatal si la ceniza de la cáscara de arroz se introduce en la caldera por los gases de combustión, siendo las zonas más castigadas en donde los gases toman gran velocidad y cambios de dirección, como el tubo del hogar o los vórtices (remolinos como quién saca el tapón de una pileta) a la

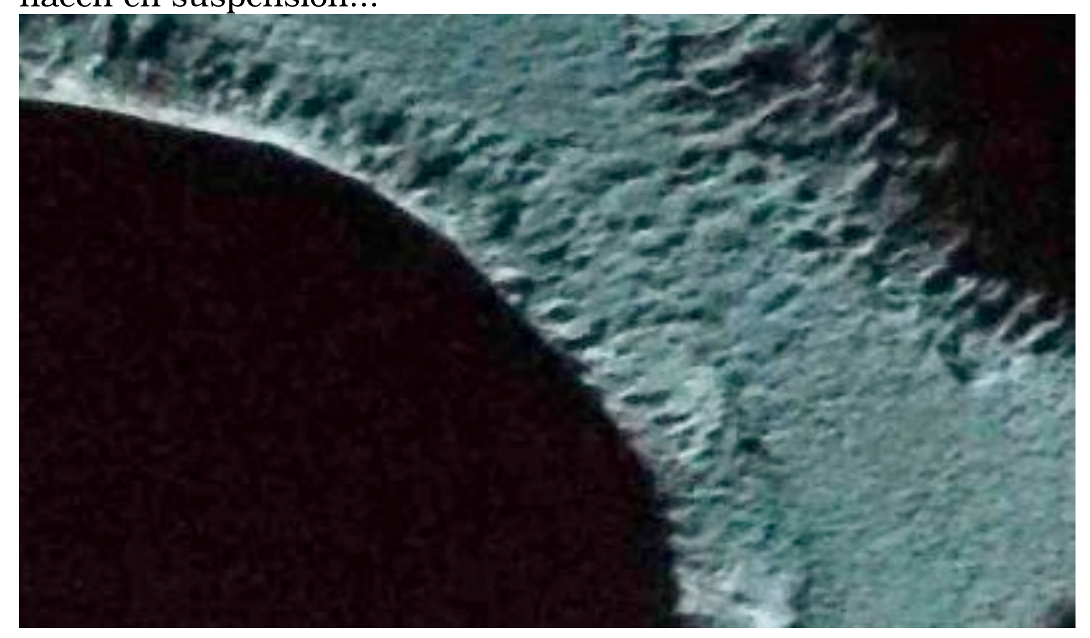
entrada de los tubos en los pases de las calderas humo-tubulares. Y si estos gases con cenizas no se sacan antes de volcarlos a la chimenea es un contaminación ambiental "terrible" (generalmente si la quema es buena estas cenizas inevitables "arrastradas" en los gases siempre estarán presentes en un bajo valor si comparamos con el 21% de la ceniza total, pero suficiente para crear problemas, tanto para los humanos, capas de producir "silicosis", una especie de cáncer de pulmón, como problemas para las maquinarias por el efecto abrasivo (conozco muy bien el tema, 35 años de asesor en la fábrica más grande Uruguay en arroz parboiled, en donde tuve que hasta diseñar los separadores de cenizas hace más de 35 años, en donde cuando se instalaron las calderas no se pusieron separadores de cenizas por lo caro de los multiciclones y apenas se puso en marcha me ví obligado diseñar separadores que fueron bastante eficaces, se usan hasta el día de hoy, pero cambiando el concepto de hacer un separador, los hice semi-húmedos y a un muy bajo costo. Pondré fotos de estos efectos de lo que es capas de hacer la ceniza de cáscara de arroz, que si va en los gases, inevitablemente siempre un % va, aunque se trata de quemar lo más "suave" posible en "cámaras de combustión" de muy lento movimiento y aires muy repartidos y suaves, que aún así si las velocidades máximas de gases no se respetan, habrá corrosión en esos lugares (como los tubos de hogar con falta de diámetro), en los vórtices de los tubos de todas maneras hay que poner "canutos de protección" para evitar que los gases a alta velocidad impacten la ceniza contra el metal, canutos que se van girando cada pocos meses y cambiando cada tanto por nuevos (el "canuto" es como un sobre-tubo de unos 300 mm. de largo, con un diámetro menor al tubo para poder introducirlo, con un tope recalcado que apoya sobre la placa para que no se introduzca adentro del tubo y además proteja a la soldadura de sello tubo-placa).
Como vemos, quemar cáscara de arroz es todo un tema de diseño, tanto de la combustión para que no entre la ceniza en los gases de combustión hacia la caldera como todas las partes en contacto contra el impacto de los gases con cenizas de "arrastre", además los separadores antes de la chimenea, como el manejo de los aires (aires primarios, secundarios y terciarios) así como la extracción de gases y el manejo del tiro inducido.

Ahora, que pasa con el aserrín, que ya tiene más de 5 veces más cenizas que el F.Oíl (que las misma salen por la chimenea y las que se depositan en los tubos y las cámaras de humo, en los ecos, etc., lo que obliga limpiezas mecánicas e hidráulicas, tan seguido como sea necesario, generalmente en calderas humo-tubulares de "baja presión", que no disponen de "sopladores", se deben limpiar, tubos, ecos, cajas de humo,

con una frecuencia por lo general mensual. Estas cenizas no representan casi un efecto abrasivo, los depósitos y óxidos forman por lo general una capa de protección mecánica, aunque puede haber corrosión en zonas frías por la presencia de azufre (en caliente solo en "alta-presión" en los sobre-calentadores debido a la presencia de vanadio, azufre y el propio CO).
Pero el aserrín, con una cantidad de cenizas ya importantes (supongamos una caldera que quema 24 toneladas de leñas por día, que no es una caldera muy grande, produce por día 240 Kg./día de cenizas, que si bien se pueden extraer antes que salgan al ambiente, no se podrá evitar que circulen por el interior de la caldera que produce una corrosión abrasiva que con el tiempo nos dejará afinados los tubos de los pases de tubos y otras partes del material sometido a los gases a alta velocidad, pero sacar estos 240 Kg. de cenizas diarias, en forma exitosa nos obliga tener equipos separadores de gran eficiencia que muchas veces superan en costo a casi la caldera y además su mantenimiento debe ser adecuado y por lo tanto costoso en general (como los de "bolsas" filtrantes o los electro-estáticos, pero siempre ambos con separadores mecánicos antes como multi-ciclones que no son nada baratos de adquirir).
2-El otro problema a contemplar es el "manejo seguro" de la combustión, ya que el aserrín por lo general se quemará con una baja humedad (y más si los mismos son de "pellets" pulverizados antes de inyectar), ya que la combustión de una biomasa en "suspensión" con un alto poder calorífico tiene un comportamiento más parecido a un gas, capas de hacer deflagraciones y explosiones por la inestabilidad de combustión, provocando accidentes si la caldera no está prevista para estos eventos (como tener tapas de explosión), ya que si hay un corte de suministro de aserrín por un momento y al siguiente se re-establece, la llama que se produce es muy inestable y peligrosa en el primer momento.
3-Si quemamos aserrín en forma briquetas, debemos de ser prudentes con el manejo de la combustión, el bajo contenido de la humedad, hace que la temperatura localizada sobre las grillas por entradas de aires en puntos de "perforación" ("efecto fragua") puede producir que pueden fundir las fundiciones comunes y quemar la grillas (que si hará este tipo de combustión deben ser de acero inoxidables y la entradas de aires muy bien estudiadas, y bien montadas la grillas para evitar aires locales que produzcan "efecto fragua", el aire no enfría, acelera la combustión en la presencia de material combustible (en general se piensa que el aire refrigera, este es un error de no tener una vida práctica en estos temas, cualquier herrero de campaña sabe que la fragua calienta en la zona que entra el aire y hay carbón de piedra, claro ya no hay casi herreros, pero yo en campaña hice hasta herraduras a fragua y yunque,

conozco bastante su comportamiento, el de la fragua). Por eso los gasógenos necesitan al arrancar un "cama" protectores de arena y luego mantener con cenizas (no sacar toda la ceniza y dejar la grilla desnuda, esto tampoco es bueno en la quema directa en donde es muy común ver el mal montaje de las grillas dejando entradas de aires exageradas o agujeros con mal conicidad o la conicidad invertida que se tapa). Lo otro es la "fundición de la ceniza" formando piedras de cenizas" (o vitrificado por alta temperatura, un serio y grave problema, que una grilla móvil puede bloquearse por estas "masas vitrificadas" que casi ni a marrón se pueden limpiar bien, pudiendo romper la grillas móviles al intentarlo, pondré un PDF.

Bueno, se van a quemar aserrin, a prepararse...... y cuidarse si lo hacen en suspensión...



.

¿No tengo instrumentos para comprobar si mi caldera a biomasa de "quema directa" está haciendo una combustión adecuada quemando rolos, que puedo hacer?

Bueno, aquí debemos de usar el sentido de "observación" de la llama, ya

que los "humos" en biomasa no dicen mucho (en F.Oíl habrá humos negros cuando hay mala combustión, los colores y forma de la llama dicen mucho también, en gas natural no es muy claro, solo un acercamiento mirando el color de la llama que debe dar "azulado" cuando está bien la combustión, pero no es un método muy seguro). De muchos años de medir calderas a biomasa los gases de combustión (desde 1978 en que "empujamos" el tema de la quema de "leña", con un Orsat que mandé a construir en Uruglass todo en vidrio de laboratorio, ya que no había instrumentos habilitados para usar en biomasa, salvo en instalaciones fijas y muy costosas), comprendí que la llama de la biomasa no tiene un final nítido para decir que en este punto termina la combustión, hay una combustión no visible unos metros más allá de la llama visible, teniendo en cuenta esto y otras cosas más, como que la llama si entra en el primer pase de tubos se "apaga" y provoca "mala combustión" (gases que pasan a ser pérdidas por chimenea y que sus componentes son CO, gases orgánicos, alquitranes y ácidos piroleñosos), si bien estos gases en algunas ocasiones pueden volver a "encenderse y provocar una "post-combustión" en algunas circunstancias (origen de los "sobre-calentamientos de placa" y "quema de ventiladores de tiro inducido", que por supuesto muchos piensan que son inventos míos, pero no presentan pruebas), me permitió llegar a las siguientes consideraciones para manejar la combustión en calderas de "quema directa" (tanto con tubos de hogar cilíndrico, fin de la combustión, como calderas "sin tubos de hogar" que la combustión es realmente problemática de finalizar), y me fijé las siguientes consideraciones:

1-Si la caldera de "quema direta" tiene tubo de hogar, la llama "visible" no debe llegar más allá de la mitad a los 2/3 o menos del tubo del hogar, de manera de finalizar la combustión de la "llama invisible" antes de entrar los gases a los tubos del primer pase de tubos, que si la llama llega a fondo del tubo del hogar, al entrar al primer pase de tubos la llama visible o invisible se "apaga" y se pierden gases de combustión (pérdidas de energía, mayor ensuciamiento y mayor corrosión por los ácidos piroleñosos y por el propio CO en altas temperaturas, como ocurre en los calentadores de aire en contacto directo con las llamas de combustión).

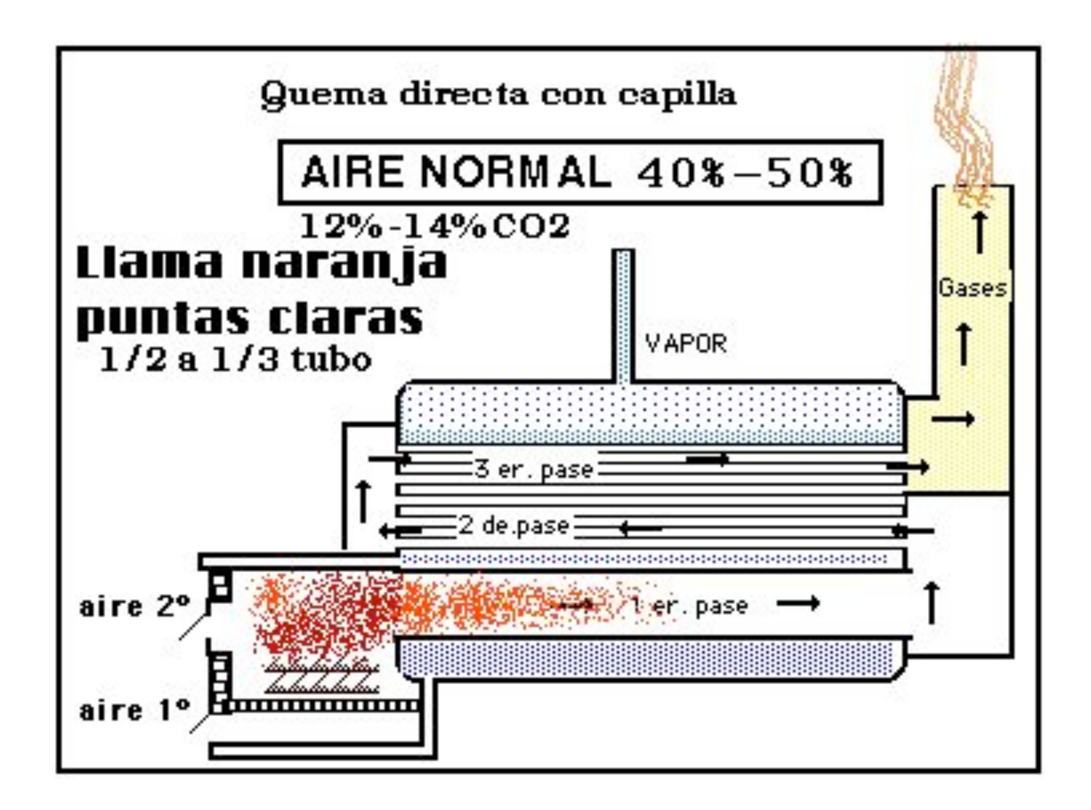
2-Si la caldera "no tiene tubo hogar" la llama visible debe mantenerse corta, de manera que la llama visible y la invisible no entre en los tubos del primer pase de tubos, esta tarea no es muy fácil de lograr en una caldera sin tubo de hogar.

Para la observación de la llama debe haber "mirillas" y "tapillas de observación" (que se usarán solo si el tiro inducido está prendido y el

hogar en depresión, de lo contrario el observador puede encontrar con una "contra-explosión" al abrir la mirilla, que por lo general no tienen cristales térmicos para poder observar mejor). Aunque parezca "mentira", hay fabricantes que venden calderas a biomasa que no le ponen mirillas de observación para ver el desarrollo directo de la combustión, lo que realmente me muestra lo poco que saben del tema.

En el caso de los "gasógenos", es más dificíl sin instrumentos saber si está la llama haciendo combustión completa, el color "azulado" al final de la "cámara torsional" de la llama puede darnos un idea de que la combustión está siendo completa, pero la mirilla debe estar en la cámara de humos trasera enfrentada al "tubo al tubo del hogar" (donde se vé el final de la llama con el fondo de la llama "visible" girando en la cámara torsional por efecto de las entradas de aires secundarios que entran en forma tangencial y distribuida por tubos de aire, que hay que limpiar cuando se para limpieza de tubos de la caldera, ya que si están tapados parcialmente la distribución del aire torsional no es adecuada.

Pero bueno, yo aconsejo tener medición del exceso de aire (por medio de la medida del O2% ó el CO2%), y fundamentalmente la medida del CO o "gases no quemados" que reúnen a todos los gases que no han quemado adecuadamente, ya que la medida de "exceso de aire" solo sirve para saber si la cantidad de aire es suficiente o excesiva (dependiendo el instrumento utilizado, si mide el oxígeno "no utilizado" como los de absorción o si mide el oxígeno sobrante al someter los gases a una alta temperatura y lograr de "quemar" todos los gases que serían combustibles y no se han "quemado" como el caso de los medidores en base óxido de zirconio que a medir miden el oxígeno que realmente es un "exceso"), pero que no dice nada respeto a la calidad de la combustión, además medir la temperatura de los gases de chimenea, que nos dice que si la caldera está en una etapa de necesidad de limpieza por tener pérdidas por alta temperatura por ensucimiento de las superficies de transferencias (pero este dato a veces dice poco, ya que el ensucimiento puede ser el "taponeamiento" de la entrada de los tubos por cenizas que "degüellan" la circulación de los gases de combustión y con ello generan problemas de "respuesta" de la combustión a las necesidades reales, la caldera se pone "chancha gorda", lenta y con falta de respuesta, lo que genera además un agravamiento para la provocar "mala combustión" ya que necesita cada vez más "tiro").



¿Si tengo la ceniza de una caldera a biomasa (rolos) sin "carbón" que muestre un problema de mala combustión significa que tengo una buena combustión?

Aunque la ausencia de "carbones" en la ceniza podría indicar una "buena combustión", no es así, porque una cosa es la combustión de la biomasa sobre la parrilla y la otra es la segunda fase de la combustión que se produce en la "llama".
Veamos como podemos interpretar esto, hay varios maneras:
1-La medición de los gases de chimenea y sus valores, que deben tener casi ausente los "gases no quemados" (entre ellos el CO y otros elementos orgánicos, como alquitranes y ácidos piroleñosos, además de otros) que significan una pérdida importante de la energía que "escapa por la chimenea" y que provoca una serie de problemas, como : ensuciamiento prematuro de superficies de transferencia, corrosión, "apelmazamiento" de las cenizas (especialmente al tocar los tubos de los

primeros pases de tubos, donde encontrarán una zona fría que tiende aglomerar la ceniza con los "alquitranes" de madera, realmente un temible problema para gasógenos en las grandes calderas que queman chips). También en la "quema directa" la mala combustión, padre de la "post-combustión" en calderas que solo tienen regulación de aires y tiros por convertidores (que para mí no regulan el 100%) tienden a una segunda combustión en determinados momento, que no solo son una pérdida,
sino un riesgo en "sobre-calentamiento" de placas en la zona de la cámara de vapor en las cajas de humo, sino que el problema del ensuciamiento prematuro hace que el problema de la caldera si no se limpia, empieza agravarse el problema al haber un restricción por pérdida de carga en los circuitos de gases en los tubos, que obliga a frecuentes paradas. Pondré un PDF en que muestro una caldera con la ceniza "impecable" pero con el ensuciamiento prematuro por apelmazamiento de cenizas en la entrada de los tubos, que seguro tiene "post-combustión" dado que su regulación de aires y tiros es solo por convertidores de frecuencia y tiene comprobado "sobre-calentamiento de placa" en la zona de la placa de la cámara de vapor (algo que advertí desde el primer momento que se instaló la caldera, no solo por la presencia de la regulación de aires y tiros solo por convertidores, sino porque medí los gases de chimenea y estos transportaban grandes pérdidas de gases no quemados.
También las calderas sin tubo de hogar, son candidatas a este problema en su mayoría, ya que el "tubo de hogar" se comporta como una "cámara torsional" que dá el final de combustión en una caldera humo-tubular, he usado calderas sin tubo de hogar experimentales por más de 11 años en los años 80 y recomendé a la fábrica de calderas que no se hicieran más, que tenían una combustión muy mala (sin finalización, con pérdida de "gases sin quemar", ensuciamiento prematuro y problemas de "sobrecalentamiento de placa" en la zona de la cámara de vapor en forma de franja (pero muy notable, las he hecho aislar las placas entodas las calderas que he podido).
Si medimos los gases de chimenea de la biomasa, el valor del CO no debiera ser mayor a 1.000 ppm (salvo en momento de grandes cargas de rolos) y lo normal sería valores mucho menores, pero por encima de los 1.000 ppm como CO es la combustión muy cuestionable. Por supuesto, estas
mediciones deben ser hechas con el exceso de aire normal, para obtener un CO_2 entre 14% y 18% (no más, porque se está en una zona que lo más probable que las pérdidas por gases no quemados suban inexorablemente, y con ello las pérdidas y el ensuciamiento prematuro, más una alta

corrosión).
Como ven, hay mucho para decir de estos temas, lo cual obliga a preguntas puntuales para no divagar y no llegar a nada, pero la experiencia, la medición, la observación y seguimiento, son ineludibles.

Voy a poner un ejemplo cuando el aire entra en forma localizada debido al tapado de grillas (por carbón u otros problemas en la parrilla). Este problema que he llamado "efecto fragua" es muy peligroso, ya que la temperatura que desarrolla puede llevar a reventar un tubo y el reventar un tubo en el hogar de una caldera de quema directa que no tenga cargador de rolos con doble compuerta de seguridad expone el foguista a un daño muy grave o la propia muerte. Este tema de los cargadores de seguridad no está bien resuelto en Uruguay, hay muchas calderas que debieran tener cargador de seguridad y por no pagar los costos se deja una compuerta que a pesar que es doble la compuerta más externa puede abrirse al explotar un tubo y el vapor y agua con "flash" más el calor de la combustión salen expedidos con gran fuerza sobre el operador que está cargando la caldera.



¿Porqué mi caldera a biomasa (rolos) de "quema directa" me produce mucha "carbón" en las cenizas?

Este es un tema muy interesante y que tiene varias "puntas", lo que queda claro es que el carbón se forma y aumenta la pérdida directa de combustible, pero lo importante es que me quita capacidad de combustión a la caldera y me está "avisando" que tengo un problema en la quema de la leña (que puede responder desde la "calidad de la leña", como la humedad, la constitución de la misma por el origen, sea del tipo de árbol o la humedad muy alta al quemarla, o de la zona de su origen o plantación, como la presencia del mar salino).
Pero, si de entrada tenemos el problema, la ceniza cargada de carbones (y la cadencia de extracción de la ceniza es la correcta, es decir ni demasiado frecuente y demasiado tardía, recordar que la ceniza también "protege" las grillas de metal del calor directo) está indicando un problema en la parrilla (las grillas), que pondremos unos ejemplos.
1-Si al instalar la parrilla se ha dejado mucha "luz" entre las paredes laterales y la grillas, el aire tiende a entrar por estos laterales y no entra en la zona central de combustión (se produce un "by-pass" de aire) que la zona central su combustión es con "falta de aire" y produce una combustión "apagada" que no termina de quemar adecuadamente al rolo. Para saber si esto basta mirar por la entrada de carga entreabierta y las mirillas de "combustión" (que lamentablemente en algunas calderas nuevas a veces el fabricante no las pone), y observar si hay llama como un "soplete" en los laterales entre la parrilla y las paredes de tubos o refractarios. O mirar por el cenicero con un espejo o agachandose, ver la intensidad de "luz" que puede haber contra las paredes de la parrilla o en algún lugar que falta una grilla y el aire entra por esa abertura accidental. Si fuera así (que lo puede ser en una caldera nueva como muchas veces ocurre), hay que proceder a "sellar" esta aberturas inconvenientes, poniendo cordón "flojo" de material aislante o ajustando adecuadamente el refractario (cosa que no es fácil de lograr que quede firme en el tiempo, el cordón "flojo" en paradas se puede volver a colocar tantas veces como sea necesario, pero la "luz" no puede ser mucha, ya que el cordón "flojo" no se comprime y sostiene adecuadamente. Lo mejor es observar en el montaje de la parrilla que la "luz" no sea más que la necesaria para la "dilatación" de la parrilla (los que montan las parrillas en general no conocen estos temas, hay que controlar).
2-Lo otro es el tipo de grilla si es adecuado, por ejemplo la grillas fijas formadas por tubos y un "planchuela" lateral soldada, dejando una luz entre lo tubos aleteados para que caiga la ceniza, es un grave error, la ceniza no cae porque se produce entre dos tubos al tener la "planchuela" como un "embudo" que provoca el tapado de la parrilla y solo quedan zonas que el aire logra perforar para pasar, esto provoca un falta de aire en las zonas que se tapa y la combustión en esa zona es

con muy poco aire lo que provoca que la combustión no sea total dejando carbones en la ceniza que caen en la limpieza o el forzado por "empujadores" neumáticos o manuales (sean sólidos como varillas o tubos con presión de aire que se introducen por la tapa de carga para remover las cenizas). Pondré un PDF con estas "malas" parrillas.

La combustión en gasógenos también puede tener estos problemas (no solo de montaje, sino del exceso de movimiento que no deja formar una "cama" de cenizas, no solo protectora de las grillas, sino que reparte el aire más parejo que cuando la parrilla está sin nada de cenizas, lo que afecta mucho la protección de las parrillas por el exceso de calor. Existe la falsa idea que si por un lugar entra mucho aire, el aire enfría esa zona y es al revés, se calienta como ocurre en una "fragua" de herrero, en donde entra el aire entre el carbón está la mayor temperatura para calentar la pieza de metal para el forjado.

Bueno, el sentido común y la experiencia en manejo de calderas a biomasa aquí prima sobre los conocimientos teóricos.



¿Que punto de la "hoja de ruta" sobre ahorro de combustible en calderas es más importante?

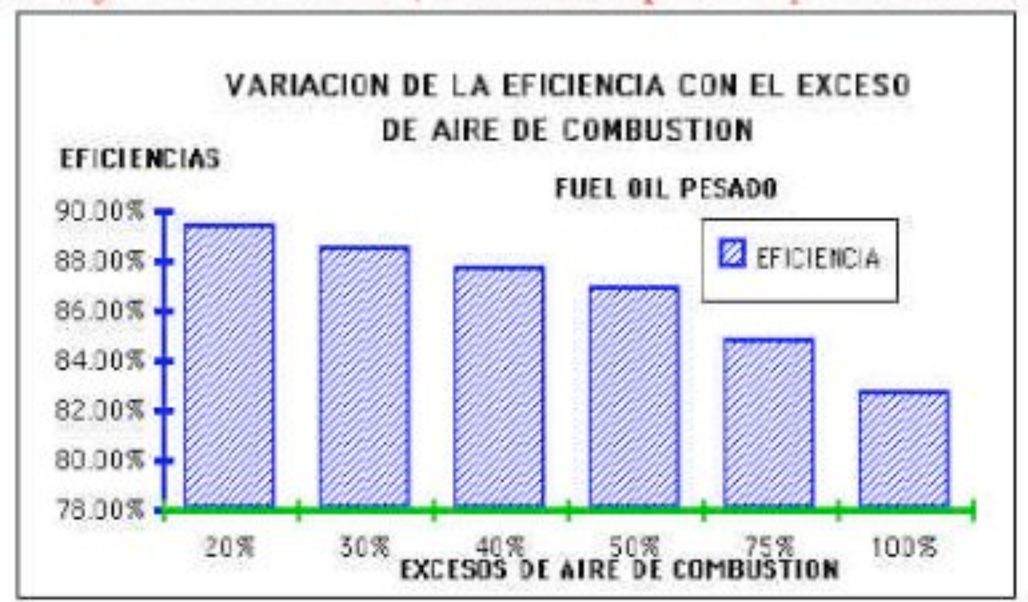
Esta "hoja de ruta" sobre ahorro de combustible, está trazada en base a la facilidad y resultados inmediatos del ahorro de combustible, como ser el primer punto de bajar la presión de la caldera (si se puede), ya que no implica un costo material y su efecto es inmediato (vimos que son una serie de ahorros acumulativos: en temperatura de gases de chimenea, una pérdida inevitable en algunos combustibles, salvo en gas natural que se puede aprovechar hasta el calor latente del vapor de agua formado por la combustión, la disminución de la pérdida de la caldera por su contacto con el ambiente, la disminución de la pérdida del calor en la distribución del vapor, mucho por su gran superficie expuesta o

aislada, por la pérdidas que son proporcionales a la presión, como vástagos de válvulas, platinas, hasta el uso abusivo del vapor, que sumadas todas puede ser un valor importante).
Pero el segundo punto, la regulación por "modulación continua" de la combustión" es de una importancia fundamental, la diferencia de "ahorro de combustible" puede llegar a un 15% si sustituimos un quemador de marcha "ON-OFF" (o sea "prende y apaga", no hay modulación de potencia).
Si el quemador es de toberas mecánicas (caso F. Oíl), si bien no se logra una "modulación continua", al ir sustituyendo esa única tobera por varias toberas, de manera que la potencia del quemador si bien no es modulante total, es "modulante por saltos", produce un ahorro de acuerdo a la cantidad de "saltos" de modulación, que generalmente el máximo es de una 3 toberas, pero si sustituimos el quemador por un quemador de modulación contínua y que la caldera prácticamente no hace cortes de combustión (ya que entre cortes de combustión se producen mayores pérdidas por filtración de aire que calentamos y tiramos como aire caliente por la chimenea siendo una pérdida a considerar. En gas natural también podemos tener los 3 casos, una tobera con una sola presión de combustión, que "prende y apaga", es la de mayor pérdida, si hacemos "escalones de presión de gas" y "su aire necesario para la combustión, la pérdida es un poco menor, pero si modulamos total la presión y el aire y el quemador no apaga, es el máximo ahorro o sea el mínimo de pérdida (arriba del 10% probablemente). En biomasa pasa lo mismo, en una caldera que modula sus aires de combustión y la carga de combustible es lo más continua posible, no en cantidades mayores cada tanto tiempo, como sucede con las caldera a rolos que a veces el operador carga dejando mucho tiempo entre cargas para tener más tiempo de tomar mate u otros menesteres, las pérdidas aumentan).
La modulación continua del aire y tiro por persianas es la mejor (no hay posibilidad de "post-combustión" ya que regula el 100%, se pueden combinar con reguladores de frecuencia de los motores, pero estos últimos solo son insuficientes para una regulación del 100% y la "post-combustión" puede llevarnos a un "sobre-calentamiento de placas" en la zona de la placa donde es refrigerada solo por vapor y esto llevarnos a una "fragilidad cáustica" por evaporación del agua de caldera que "salpique" la base de los stays-placas, siendo muy peligroso, en leña el ahorro por este concepto es muy notable, porque hay que considerar los "gases no quemados" por exceso de rolos o exceso de aire por exceso de aire en un período antes de cargar los rolos).
El tercer punto, de poner un termómetro en chimenea, es fundamental, un bajo costo y nos indica que la caldera necesita hacer una limpieza de

"hollín y cenizas", ya que las pérdidas por este concepto si la caldera no se limpia regularmente se pierde mucha plata, por salir calor innecesario por la chimenea al estar sucias las superficies de transferencia de la caldera. Muchas veces por no pagar unas horas extras para que los operadores limpien las caldera en un fin de semana, produce pérdidas muchas veces superiores como pérdida directa y muchas pérdidas indirectas en producción al quedar la caldera "sucia" más lenta a las respuestas de necesidad de vapor y retrasar los procesos térmicos.

Los puntos referente al ajuste de las combustiones, de que hay lograr una combustión correcta: combustión completa, con los excesos de aires mínimos o máximos aceptables, aquí el diseño de la caldera, su quemador, el tipo de combustible, etc. puede tener efectos muy importantes, pero el ajuste de la combustión, así sea malo el quemador, por mal elegido, etc., en general no se hace correctamente (y no se arregla con "aditivos de combustible", un quemador que quema mal no se arregla poniendo "aditivos", es ajustando, regulando los distintos parámetros: atomización, mezcla aire combustible, temperatura de la llama, etc.) y las pérdidas pueden ser hasta el 30% (como el caso de la biomasa si hay pérdidas por "gases no quemados"), aquí la inversión si bien es un poco mayor, no es de mucho monto, hay tener un par de instrumentos (medidores de O2% ó CO2% y CO en ppm porque el % en volumen es pequeño en general en el punto de ajuste, una "bomba de hollín en caso del F. Oíl es muy importante), además el entrenamiento de los operadores es fundamental, los servicios contratados no pueden hacer un seguimiento tan adecuado y continuo como lo pueden hacer los mismos operadores de las calderas, con algunas clases (sean presenciales o a distancia) y mucha práctica una vez entendido el mecanismo teórico. Su resultado es rápido y atractivo, y de muy poca inversión (yo recuerdo que hace como 30 años atrás en una fábrica les vendí un medidor de CO2 (®Fyrite) y se pagó con la primera medida en 8 horas de marcha de la caldera, por lo tanto no es escusa perder miles de dólares al año, por no gastar una suma ridícula frente a la pérdida.





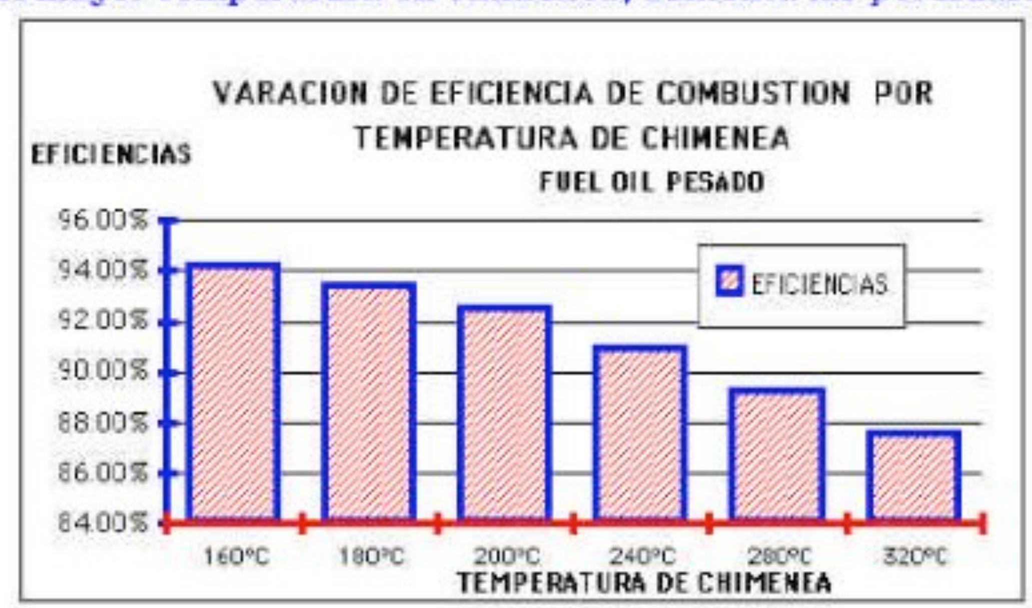
¿Como incide en el ahorro cada punto que Ud. nombra en la "ruta de ahorro de energía" que Ud. puntualizó y que consideraciones conviene tener en cuenta"?

El primer punto, "bajar la presión del vapor", incide en el ahorro de combustible en forma inmediata (cuidar que cubra la presión las necesidades de temperatura que necesita el proceso más caliente). En vapor saturado cada presión corresponde a una temperatura de vapor saturado y a la inversa (por eso puedo saber la presión de una cañería si puedo medir su temperatura y al tener una "tabla de vapor" (ojo que las presiones vienen en las tablas por presión absoluta técnicas, lo que hay que sumarle la presión atmosférica a la presión manométrica o sea a la indica el manómetro (si la tabla está en Kg/cm2 de presión absoluta técnica, en que la atmósfera se considera igual a 1 Kg./cm2, debemos de sumar 1 a lo que indica el manómetro, si está en libras por pulgada hay que sumar el valor de la atmósfera técnica, o sea 14,22 libras por pulgadas cuadradas para "entrarle a la tabla" (tablas podrán ver una simplificada en todos mis "Pequeños Manuales.....").
El ahorro consiste en varios ahorros al bajar la temperatura del vapor

de la caldera, el primero es que la temperatura de los gases de chimenea (que es una pérdida arriba del 12% a 15% referida al PCI que nos permite comparar entre los 3 combustibles más comunes, o más en total si hay mala combustión o excesos de aire importantes, si la expresamos en PCS estas pérdidas numéricamente son mayores pero no significa que sean mayores las pérdidas, solo que se le considera el calor latente del agua de humedad, que trae el combustible y la formada por la reacción de hidrógeno) la pérdida por calor en chimenea es menor un cierto % (menos de 1% por cada 10ºC) si la temperatura baja unos grados, no será mucho pero todo suma.
La caldera toda al estar "más fría" pierde menos calor por la aislación del cuerpo (lo he llamado "efecto edificio" ya que es similar a una casa, según sea su contrucción y superficie expuesta) y por las zonas que solo tiene refractarios aislantes (porque no se pueden aislar más por las altas temperaturas al no haber agua de refrigeración o vapor, como ser la tapas, cajas de humos, etc., que si la aislamos estas zona "secas" con una aislación por fuera en las zonas en contacto con los gases más calientes, como la caja de humos trasera del primer pase de hogar-tubos, se recalienta el metal y se quema). También es un valor bajo, pero suma.
El ahorro de la menor temperatura en vapor distribuido, aquí las superficies sumadas son muy grandes y por los tantos las pérdidas (tanto en cañerías como en sus lugares de consumo) tiene menos pérdidas las partes aisladas como las sin aislar, ya que la pérdida es proporcional al diferencial de temperatura entre la aislación donde la hay o el metal de las cañerias, o en válvulas y accesorios de control lugar de altas pérdidas. Esto puede ser un valor muy importante aunque el diferencial sea poco, ya que la superficie expuesta puede ser muy grande en la distribución y los equipos que consumen el vapor. Hay que tener cuidado al evaluar una aislación con un forro de acero inoxidable, que por de muy baja su disipación por emisión térmica se tiende a calentar aunque la aislación es la correcta y dá la sensación que la pérdida es muy grande (este forro actúa como termo, solo enfriará por contacto con el aire u otro elemento, o sea por conducción, que aumenta a medida que se expone a las corrientes de aire, como por efecto convectivo solamente si no hay corrientes de aire independientes).
El ahorro en los lugares que hay pérdidas de vapor, al disminuir la presión disminuye la pérdida de vapor y su calor.
Pero......hay que tener cuidado y estudiar bien la caldera cuanto puedo bajar la presión y que me afecta esto en la caldera. Como siempre he dicho: "No hay nada más importante en una caldera que su circulación interna", bajar la presión la puede afectar, expliquémonos: las

"burbujas de vapor" intervienen en la circulación interna y en el enfriamiento de las superficies de transferencia, si las "burbujas de vapor" son de menor presión" su tamaño aumenta en proporción, lo que provoca una circulación interna que se va alterando hasta poder colapsar y cortar la misma, además las burbujas formadas contras las superficies de altas temperaturas, al ser más grandes, dificultan el enfriamiento ("efecto frazada" aislante, ya que el vapor es casi aislante comparado con el efecto de enfriamiento del agua si la misma está en contacto directo con la pared metálica).
O sea, puedo bajar la presión hasta que me afecta la circulación interna y me doy cuenta por las oscilaciones de los niveles, los niveles no deben agitarse más de lo que se agitaban con la presión de diseño. O de lo contrario bajar la potencia de combustión si la caldera estás sobredimensionada para el consumo. El ideal es que nuestra caldera esté en el entorno del 70% de su producción máxima de vapor, es el punto de más "eficiencia" de trabajo), por eso al comprar una caldera debemos de pensar en esto.
La gran ventaja de esto, es que no tengo que gastar más que un poco de las "neuronas" para hacer las observaciones a que la "bajada de presión" no afecte a la "circulación interna de la caldera" y fundamentalmente no afecte a la producción por la menor temperatura o la posible pérdida de carga que me puede provocar un vapor de menor densidad al aumentar el volumen al bajar la presión y las cañerías ser de poca dimensión para llevar el vapor a los lugares de consumo.
Pondré un PDF mostrando las pérdidas y su relación con las distintas condiciones de operación de una caldera.
Lo ideal es que las calderas todas tengan elementos recuperadores de calor (en gases a chimenea), pero en baja presión y especialmente con F. Oíl es un problema, siendo en gas el ideal porque hasta el calor de condensación del agua formada por el gran contanido de hidrógeno del gas forma mucha cantidad de agua, siendo el leña posible recuperar para calentar el aire de combustión (lo que mejora la eficiencia y mejora la combustión al usar aire bajo grilla en quema directa o secundario en cámaras torsionales con aire caliente, es muy importante, pero hay que considerar que por debajo de los 80ºC el gas de la biomasa es muy corrosivo, el de F.Oíl debajo de los 180ºC si tiene azufre en su composición, que por lo general lo tienen, mientras que es gas como ya difimos podemos ir con el gas a temperaturas ambientes sin problemas si la combustión se hace bien, pero considerando que los gases fríos se deben de todas maneras "tirar" a grandes alturas porque tiene algo de CO que es tóxico y además no contienen casi oxígeno, los que los hacen contaminantes al estar fríos y no subir por su temperatura tan baja en

la atmósfera, cosa que no ocurre con la biomasa o el F.Oíl, que la propia temperatura de los gases de chimenea se elevan.



¿La empresa me plantea que las dificultades de costo nos obliga a ahorrar el máximo de combustible que gastamos en la caldera, que me sugiere Ud. hacer en forma ordenada considerando los puntos que hacen más impacto en el ahorro?

En estos tiempo muy difíciles que ya estamos viviendo, es una muy buena pregunta.
Bueno, ya llevo muchos años haciendo este trabajo (ahora en mi quemattuti en casa, el cuartel de invierno), y como he dado cursos presenciales y a distancia, e incluso un "Pequeño manual para la generación yel uso eficiente del vapor" que publiqué en al año 2.000 y que anda dando vueltas en la Web y en los CD que hago, en donde expuse el tema. Pero además hice lo que llamé un resumen u "hoja de ruta" sobre el ahorro de combustible en plantas de vapor (aplicable en parte en calderas de agua caliente).
El mismo dice, así:

***_SUGERENCIAS PARA AHORRAR COMBUSTIBLE EN LAS PLANTAS QUE GENERAN VAPOR:**
PUNTOS A TENER EN CUENTA :

1-Baje la presión (del vapor o la temperatura en calderas de agua caliente) *de trabajo en la caldera* lo más bajo posible que le permita ser utilizado el vapor (o agua) en el proceso.

2-Utilice el quemador (aún con leña) lo más moduladamente posible: en F.Oíl (y gases) utilice quemadores modulantes o con llamas alternativas, regulando la llama más baja de manera que ésta no se apague en lo posible y que las llamas más altas no sobrepasen el consumo más elevado de vapor (que la repuesta sea suave). En leña, cargar la misma en períodos cortos, regular el aire evitando que la caldera corte por alta presión de manera que la combustión se ajuste a la producción de vapor.

3-Ponga un termómetro en la chimenea y trate de mantener la temperatura lo más baja posible, limpiando periódicamente las superficies de transferencias, especialmente el hollín (ó cenizas) del lado de los gases calientes. Del lado del agua: haga un buen tratamiento químico, limpie los barros periódicamente y mantenga libre de incrustaciones las superficies de transferencia haciendo una limpieza química y/o mecánica. Esta temperatura estará influenciada por el % de combustión, el exceso de aire y la presión de trabajo.

4-Mantenga el exceso de aire para la combustión al mínimo necesario (para evitar que se caliente aire que no entra en la combustión), pero logrando la combustión completa. En F.Oíl mantenga en la chimenea un leve humo color carmelita (caramelo), la llama anaranjada con las puntas levemente más oscuras completando la combustión antes de alcanzar los tubos (el CO_2 entre 13% y 15%). En leña los humos no dicen las condiciones de combustión y la observación de la llama es factible en la combustión directa solamente: que la misma llegue hasta la mitad del tubo del hogar, llenando siempre la boca del hogar con llama (en humo tubulares). En el gasógeno y en gases, la observación de llama no es una guía segura, es preferible medir los gases. (en leña el CO_2 aconsejable es entre 14% a 16%, O_2 entre 3,5% y 5,5%, ya que un CO_2 más alto generalmente va acompañado por la presencia de gases no quemados, verificando que se encuentra del lado de exceso de aire comprobando la no presencia de CO, monóxido de carbono). O midiendo el %CO_2 y %O_2 (oxígeno) y utilizando un triángulo de OSTWALD. En gas natural, la observación de la llama es dificultosa, trate de medir el CO_2%(en el

entorno de los 10,5% de CO_2) o medir el O_2% (en el entorno del 3% de O_2), *pero mida que no haya CO *(o un máximo de 400 ppm de CO).

5-Comprobar en chimenea que no hay pérdidas por gases no quemados. La presencia de gases no quemados es muy común en la combustión de leña y gases, esta se debe a problemas en la combustión o a la falta de aire.
En estos casos, sólo la medición permite detectarlo. Esta pérdida puede ser muy importante. (en leña hasta del 5-7% por cada 1% de CO en gases de chimenea).

6-Mejore la condición de los combustibles. Especialmente en leña, trate de quemar la leña con un bajo contenido de humedad (22% al 25%), en buenas condiciones de estacionamiento (no demasiada estacionada, con
putrefacción, etc.).Vale la pena arreglar la "cancha" de estacionamiento.

7-Sellado de todos los aires que puedan introducirse en la caldera que no entren en la combustión. Con una vela o un mechero (candil) de kerosene o gasoil, revisar todas las juntas de tapas en la cajas de humos o mampostería para buscar las entradas de aire (la llama de la vela es succionada hacia la pérdida), calafateando dicha entrada con lana de roca u otros (el amianto es cuestionado por cancerígeno). Estos aires se calientan y se llevan el calor por la chimenea, aparecen en el exceso de aire.

8-Regule la depresión de aire en el hogar al menor valor posible (en calderas con hogar a depresión). Ponga un tubo U con agua para medir la depresión (de vidrio, plástico, etc. conectado la cámara del hogar).
Cuanto mayor sea la depresión, mayores serán las pérdidas por aires que entran fuera de la zona de combustión y por ésta.

9-Mejore la aislación de la caldera y sus accesorios. Casi todo puede ser aislado hasta cierto límite. Hay zonas que no deben ser aislados en demasía, ya que se podría levantar una temperatura muy alta en el interior, pudiéndose quemar por dicha razón: paredes de hogar refractarias, tapas en zonas de gases muy calientes, etc.

10-Controle la cantidad de purga y utilice la purga continua extrayendo de ésta el calor en un intercambiador. Siempre es necesario un % de purga. La purga de fondo y de niveles son necesarias por seguridad y extracción de barros, su recuperación de calor es dificultosa, pero todo

aquella purga de sales disuelta puede ser hecha por la purga continua, extrayendo el calor por medio de un intercambiador (para calentar el agua reposición u otros) en forma muy fácil.

11-Recupere el máximo de condensado de retorno. Es agua pura, lo cual disminuye la necesidad de purgar. Es agua caliente, a la cual hay que agregar menos calor para vaporizar (si es necesario aumente la altura del tanque de alimentación para que la bomba no "patine" -cavitación-).

12-Recupere el vapor de "flash". Cada Kg. de vapor de flash que se recupera es un Kg. de vapor menos a generar por la caldera.

13-Aisle cañerías de vapor, condensado, accesorios y equipos que deban ser calefaccionados. La aislación debe ser adecuada en calidad y en espesor, así como la terminación de la protección de la misma (chapa, fibra, material, etc). Los accesorios: válvulas, reguladores, etc. son lugares de mucha pérdida, se pueden aislar con "mantas" de aislación que son quitadas en las reparaciones o mantenimientos. La aislación más barata no es la más económica.

14-Baje la temperatura en los procesos y los tiempos, todo lo que se pueda. Esto redundará en un menor consumo de vapor.

15-Ponga instrumentos de control : termómetros, manómetros, caudalímetros, etc. Estos permitirán un control visual y se podrán fijar los límites en cada caso.

16-Automatizar en lo posible. La automatización controla más eficazmente estos límites de utilización para el control de la energía, que al teniendo un ajuste adecuado, permite la utilización ajustada de la energía a las necesidades del proceso.

17-Verifique que las trampas de vapor son las adecuadas y funcionan correctamente. Las trampas de vapor deben ser cuidadosamente estudiadas, las más baratas a veces son las más caras en su utilización. Cada trampa tiene un uso más conveniente, pero hoy en día debe ser contemplado el costo por su uso más que por su costo inicial. El mantenimiento de las mismas influyen en el consumo de vapor. Hay trampas
que al funcionar consumen energía: son "derrochadoras".

18-Ponga visores de condensado en la trampas. Las trampas deben ser

controladas diariamente por medio de visores. En caso de no tener visores instalados, es posible hacer un chequeo con un termómetro de superficie o un probador de trampas (acústico o térmico).

19-Intercambiadores. Estos deben ser adecuados para el uso deseado, ya que un tiempo excesivo en lograr el efecto deseado, la pérdida de condensado, la necesidad de usar presiones más altas, etc. provocan pérdidas de calor y agua. En este caso el sistema más barato puede resultar el más caro.

20-La instalación en sí misma. Las cañerías con trazados inadecuados, caídas no contempladas, excesos de platinas, etc. también son causas de pérdidas de calor.

21-Calidad del agua de reposición de caldera. Debemos buscar el agua de menor contenido de sales, ya que esto permite trabajar con menor cantidad de purgas (ahorro de calor y agua), menos gastos en el tratamiento (sal en el ablandador, productos químicos internos), menos problemas en el vapor (por descomposición de sales). Las aguas superficiales (en general OSE) son mejores generalmente que las aguas de los pozos (que aparentemente parecen más baratos en su utilización).

22-Recuperadores de calor. La instalación de recuperadores de calor puede ser una manera interesante de ahorro: temperatura en exceso en chimeneas, temperatura de aguas residuales, temperatura en venteos de equipos, extracciones de aires o gases calientes, etc.

23-Forma de operar. Siempre que pueda, trabaje con una caldera en vez de dos, con 2 en vez de 3, etc. Con la caldera que trabaje próximo al 80% de su capacidad, etc.

24-Diseño. Muchos equipos (calderas, intecambiadores, etc.) fueron diseñados con criterios distintos a los actuales (materiales, construcción, costo combustible, etc), que a veces una caldera nueva o equipo nuevo* se amortiza en pocos meses con el ahorro de combustible*.

25-Tenga el instrumental de mano necesario para chequeo. Medidores de gases de combustión, termómetros portátiles para inmersión, superficie, etc., con el entrenamiento de las personas involucradas.

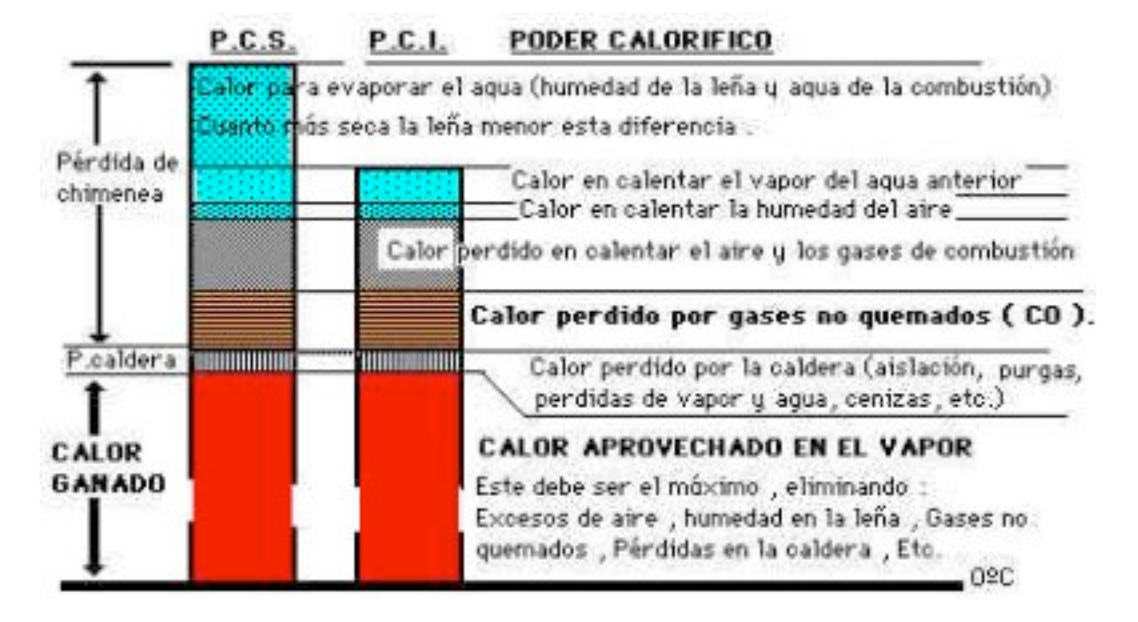
26-Entrenamiento y toma conciencia. *Es fundamental la toma de conciencia para lograr el ahorro energético y para esto se debe entrenar

a las personas: dándoles el conocimiento necesario y el entrenamiento práctico adecuado. En algunos casos, contratando personas ajenas a la empresa (a veces "nadie es profeta en su tierra") de reconocida solvencia en el tema, que reúna condiciones didácticas y que pueda atraer la atención de la gente.*

* CARLOS W. THOMASSET *

Bueno, en muchas empresas aplicamos estos puntos en los años 70 en adelante, primero en las empresas que manejé como encargado o como asesor, luego me dediqué a su divulgación a través de empresas como "Distribuidor de Ancap", la fábrica de calderas de la que fui consultor durante 22 años, el propio Banco de Seguros del Estado, el LATU, y en forma directa dando el servicio si me lo pedían (empresas como La Aurora en donde logramos grandes ahorros, las textiles hice varias que la mayoría no existen y eran muy grandes, lecherías industriales, y otras tantas, era un trabajo muy interesante, se cuantificaban los resultados y esto era estimulador).

Sugiero que aprendan a medir los gases de combustión (comprando instrumentos, móviles y fijos en plantas importantes), y aprender a interpretar los valores y como tomar acción, así como la de medir por los operadores los controles de los análisis de agua para buscar los valores más óptimos para no malgastar el combustible, y fundamentalmente
a tener muy en cuenta al comprar una caldera no dejarse vender, comprar lo más aconsejable y que tenga resultados no solo de precio de compra, sino del resultado en el uso de un mejor aprovechamiento de los combustibles (que al final superan en valor al valor de compra de la caldera en un año).
Podrán en los "Pequeño Manuales....que podrán bajar en la Biblioteca virtual de UTU la mayoría que por lo general están relacionados con estos temas.



Calderas paradas y su conservación:

¿Por qué las calderas de vapor cuando están paradas sufren corrosiones y como evitarlo?

La corrosión en las calderas paradas es la más importante de las corrosiones de las calderas y que una caldera que "vive" parada más de 48 horas (ni que hablar días, meses o años), están expuestas, según las condiciones de como están paradas (inundadas, nivel normal, vacías pero húmedas sus superficies internas, no tratadas quimicamente contra la corrosión el agua interna conque se inunda, que pierden agua por las purgas que tienen mal cierre o no son "estancas", por no ser dobles, la purga sufre erosión al purgar y siempre al poco tiempo pierden, las que por mal cierre de las válvulas de cuello y colector y que no tiene una purga entre ambas para dejar abierta y la conexión drene la pérdida del vapor del colector provoca corrosión en la caldera parada por entrar vapor de las otras calderas, esta corrosión es muy engañosa (tocar e caño que une ambas válvulas para ver si calientan y si calientan hay pérdida, calderas "conservadas en seco" pero no adecuadamente, que se produce humedades en la superficies internas que provocan muy importantes corrosiones, etc.)
Pero, no tenemos que olvidar que del lado "combustión y gases, la corrosión con la humedad de la atmósfera más los depósitos de las

superficies internas, especialmente las que han quemado F. Oíl (que tiene azufre), pero también las calderas a biomasa, la corrosión debajo de las cenizas que se forma una humedad suficiente que con las sales depositadas se provocan graves corrosiones y lo peor que a veces dejan inundar la fosas de las cámaras de combustión y gasógenos, con agua de pérdidas de drenajes o lluvias por perforaciones en los techos.
Como pueden ser tantos los problemas de corrosión de las calderas "paradas", veamos que como tenemos que parar las calderas (recuerden, siempre, mi opinión).
1-Calderas paradas no más de 48 horas, por lo general es suficiente parar la caldera cuando corte por alta presión y cerrar el vapor, tanto la válvula de cuello como el colector. El agua interna estará caliente hasta los 100ºC no menos de 24 si tiene buena aislación la caldera (por supuesto, cerrados los aires y tiros, para que no enfríen la caldera.
Por lo general esto es suficiente, ya que no enta aire (pero si el paro es de 48 horas o un poco más, y el tanque de agua de alimentación está elevado (debe estar elevado unos 5 metros sobre el nivel de la bomba de alimentación y el agua del mismo tratada y dejada a 100ºC al parar que expulse el aire (oxígeno), dejar la válvula de alimentación de las bombas abiertas para que la caldera se vaya "inundando" por el propio "vacío" que provoca la caldera cuando la tempertura baje los 100ºC y tome agua sin oxígeno y tratamiento por PH y otros, tanto por el oxígeno (por lo general sulfito) y las condiciones químicas por otras corrosiones, dureza, dispersión y PH). La caldera se inunda naturalmente y cuando la vamos a poner en marcha, bajamos el agua al nivel normal y prendemos el quemador (ojo de cerrar momentáneamente la válvula de alimentación para que la caldera no se siga inundando por gravedad al bajar el nivel y prender la caldera hasta que haya algo de presión).
Prender, con tiempo y purgar bien el atmosférico hasta que solo salga vapor (no queda aire que perjudicara la puesta en presión estable, recordar que el manómetro marca la presión del vapor y aire mezclados, lo que si ponemos en marcha sin purgar bien el aire, tendremos vapor frío y la caldera pierde presión).

2-Calderas paradas por más de semanas o meses o la orden, es evidente que estas calderas deberán estar "inundadas", con agua tratada y con "sello de aire" (consiste de un tanque de 100 litros o más, sobre la caldera, pero que no caiga agua de desborde del tanque sobre la caldera que provoca corrosión exterior y a veces muy graves), este tanque se conecta la parte baja con una manguera al grifo atmosférica y la caldera se inunda con agua "tratada" hasta llenar la mitad del tanque del sello, que no permite la entrada de aire y si permita absorber la dilatación y

contracción del nivel del agua (pero ojo las pérdidas por las purgas de fondo, niveles, etc., hay que vigilar no solo el nivel tanque que si baja es porque hay pérdidas, hay que rellenar con agua tratada, pero también cuando se dé la oportunidad arreglar las pérdidas, ya que sin presión pierde, es posible que con presión pierdan más o sea que pasan a ser purgas "continuas" a veces no deseadas, y las válvulas se van aumentando las pérdidas por erosión de la pérdida). Controlar químicamente cada semana los valores de los productos de "conservación", el "secuestrante de oxígeno (casi seguro sulfito de sodio que debe ser mayor 100 ppm como SO3-2) y que el PH sea mayor a PH 11 y no más de PH 12.
El problema a resolver es la parte combustión y gases, aquí conviene que la caldera esté siempre limpia de hollines y cenizas, pero además es necesario que no entre la humedad por filtraciones de aire o lluvia por la chimenea (se tapa en algunos casos donde se ha previsto facilidades), pero la única manera de asegurarse que la humedad no se deposite en las superficies internas, es subir la temperatura por sobre la atmosférica unos 15ºC a 20ºC, con estufa eléctrica puesta en hogar (o una serpentina de vapor que no pierda vapor, es muy arriesgado que lo pierda, como calentador, manteniendo cerrado el tiro y las entradas de aire). Cuando la caldera es muy grande, especialmente a biomasa (tan intrincadas y que su aislación no es tan buena por la misma razón, lo que conviene es poner una caldera calefación de agua caliente a biomasa (desperdicios), conectada con una circulación a la caldera entre los extremos más altos y más bajos (entrando por abajo), pero debe tener buenas válvulas de seguridad esta caldera de tan baja presión porque no sea un peligro de explosión al poner en marcha la caldera a proteger y se hayan olvidado de cerrar la circulación en ambos extremos (con dobles válvulas de presión utilizadas en la caldera principal, incluso quzás una de ellas con candado (para que nadie la abra por error en marcha).

3-Calderas paradas sin perpectivas de entrar en servicio en forma inmediata, en este caso lo mejor y más seguro es la "conservación en seco". La "conservación en seco" obliga a manguerear y extraer todos los barros internos, para evitar problemas de corrosión debajo de los barros (incluso del lado de fuegos y gases, un buen manguereado con agua caliente si es posible (y alcalinizada levemente con soda). Secar la caldera por lo menos una semana, con todas la tapas abiertas, utilizando estufas eléctrica puestas en el hogar. Luego de asegurarse que el ambiente de la cámara de agua y vapor están bien secos, cerrar todas la tapillas y por la entrada de hombre poner "bandejas" no muy cargadas de "cal viva", que jamás debe caer dentro de la caldera (no olvidar que con

la humedad que "absorbe" se florece y crece de tamaño y puede caer adentro de la caldera y es muy corrosiva (si se poner en las bandejas con bolsas permeable, dejar las bolsas flojas). Se puede utilizar "silicagel", pero no es un método barato y debe ser secado en horno cada tanto. REVISAR LA CAL CADA MES, SI SE FLORECE CAMBIARLA (con cuidado de no derramar cal a la caldera al sacar o poner la misma, lo que en bolsa "floja" es más seguro si no se deja "podrir" la bolsa por la alcalinidad de la cal). Cerrar bien siempre la tapa de hombre.
La parte de combustión y gases, siempre conviene poner algún calefactor que levante la temperatura un poco y fundamentalmente CERRAR BIEN LA CHIMENEA PARA QUE NO ENTRE AGUA DE LLUVIA POR LA MISMA E IGUALMENTE
CUIDAR QUE NO CAIGA AGUA DE PERDIDAS SOBRE LA CALDERA O DE LLUVIA POR ESTAR MAL EL TECHO. CERRAR TODAS LAS ENTRADAS A LA CAMARA DE COMBUSTION,
CENIZEROS, REGISTROS, ETC. PARA QUE NO CIRCULE AIRE HUMEDA. Muchas
calderas en menos de 2 años la corrosión las han destruido (incluso calderas nuevas que no fueron retiradas del taller por problemas económicos de los compradores, y como estas calderas habían sido sometidas a pruebas hidráulicas, quedan con un "fondo" de agua al mal vaciarlas, ya que incluso la inclinación hacia la purga puede no estar adecuada, y los talleristas no entienden de estas cosas, la vacian sin pensar si se produce corrosión si no la secan y la poner en conservación (a ninguna la caldera se le hace algún cuidado especial al fabricarlas, se debería hacer, porque así sean meses depositadas en el taller y la instalación de la fábrica, se produce corrosión por no haber secado bien la caldera después de la prueba hidráulica.

En estos días una de las calderas más grande de Uruguay en Generación Eléctrica, tuvo una explosión que la dejó fuera de servicio (todavía no está claro, si fue una explosión por gases combustibles, lo raro es que ya tenía una carga del 30% lo cual hace dificíl una explosión de hogar, salvo un error humano, o si fue por otra causa como el "reventón" de un tubo que presurizó el hogar, ya que "voló" una tapa de inspección y

limpieza, según pude apreciar en una foto, que fue con tal suerte que no mató a nadie, daños materiales, ya que la caldera funciona arriba de los 100 Kg/cm2, con muchos antecedentes de tubos fallados, pero todo depende
del tipo de "reventón", si es una fisura o si en una "bellota" que explota literalmente.
Estuve hablando con uno de los llamados a ver el problema, que me llamó extrañado de lo que pasó, y esta persona tiene no menos de 35 años de experiencia, aunque como todo el uruguay las calderas más del 95% es de "baja presión", lo que no es muy válido para evaluar "alta presión" o a la inversa, como he venido sosteniendo, algo que parece no entender los profesionales o técnicos).
Bueno, "sígame lo bueno":



¿En baja "baja presión", una explosión de hogar es peligrosa?

Debemos dividir el tema en dos visiones, "baja presión" en calderas humo-tubulares y calderas acuo-tubulares, considerando que las calderas a biomasa de baja presión a quema directa directa todos tienen una cámara de combustión acuo-tubular (no así los gasógenos).
Es evidente que una explosión de hogar (hablando de gases que entran violentamente en combustión: explosión, cualquiera sea el combustible, algunos más proclives a que ocurra, en biomasa se cree que esto no ocurre, pero es una de las más peligrosas, ya que la biomasa gasifica una serie de gases "explosivos" en mezcla con el oxígeno en cierta proporción.
Aún cuando la combustión se confina en un tubo de hogar puede ser muy peligrosa, especialmente con gas natural (que he visto volar hasta las tapas de las cajas de humo y el quemador o parte de él, incluso en alguna a F. Oíl). Hay que considerar que cuanto mayor es el volumen de la cámara de combustión, mayor es la cantidad de gases que se pueden mezclar con oxígeno (aire) y darse la condición de explotar, pero se suma a esto que la Fuerza es igual a la Presión por Superficie, por lo tanto, en las grandes cámaras de combustión no se necesitan desarrollar grandes presiones de explosión, ya que sus superficies que la confinan son muy grandes en comparación con un tubo de hogar.
Se han destruido calderas acuo-tubulares o calderas con cámara de combustión de quema directa biomasa o gasógenos (pondré un PDF), pero las calderas con tubo de hogar son más peligrosas por la "falsa confianza" que genera (tengo muchas anecdotas de explosiones que en foguista se ha salvado de milagro o sufrido graves lecciones, porque no es extraño ver al foguista "arrimado" a un quemador de una caldera humo-tubular con tubo de hogar, tomando mate inocentemente, y una falla de barrido, con pérdida de gases de la llama piloto o mala atomización del F. Oíl al arrancar, agravada por falta de barrido inicial, que al provocar la explosión el motor del ventilador del quemador monoblock (que va amurado al quemador por una platina de gran superficie atornillada, corte los tornillos la fuerza de la explosión y el motor salga disparado como un proyectil lateral de varios kilos, aplastando todo lo que encuentra en su trayectoria, o haciendo saltar las tapas de limpieza del quemador o la regulación del aire, filosas chapas capas de decapitar a una persona (lección, cuando arranca un quemador, ponerse de costado, en una zona que no sea probable que el motor o las tapas puedan proyectarse, incluso a veces ha saltado hasta el propio quemador por falta de sujeción a la caldera, he visto práctimente suelto algunos quemadores, pero si observamos los quemadores de las grandes marcas mundiales, nos impresionan los bulones de sujeción, parece exagerado para sostener el quemador, pero en realidad están de este grosor

por si hay una explosión. El remedio, a medias, es poner tapas de explosión, especialmente en calderas de gas, pero muchas veces esto no alcanza, para peor en Uruguay se fabrican calderas o se adaptan calderas a gas sin tapas de explosión??????!!!!!!!).
Ahora, en calderas de "alta presión", de gran tamaño, el peligro de una explosión de hogar, es una de las causas que la caldera y a veces hasta la propia fábrica, se destruya. No alcanza el diseño, la operación y el ensayo de las emergencias y eventos normales (como las puestas en marcha) son fundamentales, la falta de entrenamiento y conocimiento es la peor de las causas de estas desgracias, que a cualquiera le puede tocar (aún siendo una visita casual al evento).
Bueno, hay tanto ejemplo que han pasado, y tanto se puede decir, que es muy poco lo que he escrito sobre el tema: pero recomiendo, siempre lo mejor es saber lo que estamos haciendo, una caldera es una máquina de alta peligrosidad.

Pondré algún PDF de alguna explosión de hogar (en este caso una caldera humo-tubular a F. Oíl y gas natural y otra de gran tamaño a gasógeno a biomasa), que dejó un gusto amargo en los operadores, sino murió nadie, fué un milagro, pero hubo graves daños personales (yo me salvé, iba a ver el procedimiento de pasaje de F. Oíl a gas natural, aunque yo era el tratamentista, me equivoqué de día y no fuera asi no sé si estaría escribiendo esto.



Caldera de 15 Tn/h, 12 kg/cm2 de presión.

LA OPERACION Y SUS PROBLEMAS

En estos días, un "foguista" se ausenta con permiso de la caldera a biomasa (rolos) y ocupa su lugar el "encargado". Como la caldera parece una "máquina más" o para peor para otros es un "tacho con fuego", se produce un incidente de operación (por falla en el conocimiento) de que la caldera "se queda con bajo nivel" y fallaron los controles de corte de combustión de "bajo nivel y alarma", responsabilidad del fabricante o del que dá mantenimiento, hay que ver porqué fue (no sabemos hasta donde llegó ese "bajo nivel de agua", si fue muy parcial (hasta desaparecer el nivel de los tubos visuales de nivel, o si quedó entre el punto más bajo del tubo de nivel que ya el agua no se vé y la parte superior de los tubos

horizontales del pase superior o si el nivel ya estaba con los pases de tubos sin agua para refrigeración e incluso si el agua ya estaba tan baja que el tubo de hogar quedaba descubierto sin refrigeración, con riesgos ambos de colapsar.
El "encargado", si bien sabría que un "bajo nivel" la caldera no debe operar sin agua hasta el nivel normal, lo que me cuentan que hizo fué alimentar la caldera en forma inmediata (antes de otra cosa?, como revisar si el nivel por el punto más bajo observable, que o es el "grifo de prueba"(inferior testigo de solo agua y no vapor o puede ser un poco más bajo que es la purga contínua de superficie que esta entre el nivel normal y la parte superior de los tubos, lo que significa que los tubos todavía no han queda "destapados" sin agua de refrigeración. Si los tubos superiores todavía estuvieran "tapados" (refrigerados) no habríaun grave problema en alimentar despacio la caldera (cerrando, como primera medida los consumos de vapor), pero lo lógico no es este camino, es otro:
1-En este caso o cualquiera, lo primero que hay que hacer es "apagar" (en el caso de la leña es "ahogar" la combustión cerrando el aire inmediatamente bajo grilla y todas las aberturas de entrada de aire, incluso si no cierran hacerlo con "chapas" o "cartones o lonas mojadas", que se dejarían a propósito por que ya se sabe que el sistema de cierre de la entrada de aire bajo grilla o las tapas del cenicero no cierran bien por distintas razones, la entrada de carga también hay que cerrarla, apagar el tiro inducido y cerrarlo en forma manual si fuera necesario (dejando un pequeño tiro de barrido de gases para no inundar la sala de caldera con estos gases "venenosos" y "peligrosos" de explosión (son monóxido de carbono y otros gases combustibles, con humo
que son partículas sin quemar, nunca se sabe lo que puede pasar). En el caso de los combustible líquidos o gaseosos lo más rápido y seguro para el que no "entiende" del tema, es bajar la llave general de alimentación el eléctrica (se apaga el quemador y además se corta la bomba de alimentación de agua por si se pone en marcha nuevamente por alguna razón, puesta por "alguien" o que vuelve a funcionar por "auto-recuperación de la falla de agua", que veremos que es esto), PERO EN UNA CALDERA A BIOMASA APAGAR LA LLAVE GENERAL PUEDE SER LA "BOMBA" FABRICADA POR EL DESCONOCIMIENTO, PORQUE AL APAGAR, SI BIEN SE APAGAN LOS MOTORES DE LOS VENTILADORES ESTO NO SIGNIFICA QUE CIERRA EL BAJO GRILLA Y EL TIRO INDUCIDO, PARA CERRAR NECESITAN CORRIENTE ELECTRICA PARA EL COMANDO DE LOS CILINDROS NEUMATICOS (Y LO PEOR, QUE LA MAYORIA DE LAS CALDERAS TIENEN EL BAJO

GRILLA MANUAL PARA CERRAR, AUN LAS NUEVAS, ES DECIR TODAVIA QUEDA UN "TIRO NATURAL" QUE HACE ENTRAR AIRE BAJO GRILLA Y LA COMBUSTION SI BIEN "DISMINUIDA" CONTINÚA CON UNA VAPORIZACIÓN DE UN 20% O MAS (lo que hace es aumentar el peligro de una "quemada" total de la caldera por tener suficiente biomasa para seguir quemando por un buen rato, pero por suerte la biomasa no tiene la concentración de combustión con tan alta temperatura como los combustibles líquidos y gaseosos, que su temperatura en el tubo del hogar puede llegar a más de 1.200ºC, cosa que biomasa es menor y muchas veces por esto se salvan de "quemarse" por falta de agua, de todas maneras hay que inspeccionarlos muy a fondo y hacer ensayos no destructivos, no solo visuales o pruebas hidráulicas, el material se ha "recocido" y puede perder sus habilidades de dureza y soporte de la presión por lo tanto.
Inmediatamente al "apagar los fuegos":
2-Cerrar el vapor de suministro a planta (válvula de cuello de vapor de la caldera o válvula que la conecta al colector de la distribución y otras calderas), de esta manera no sigue bajando el nivel (pueden que salten las válvulas de seguridad, la primera, por eso las válvulas de seguridad deben estar "bien" y calibradas a los valores correctos, o si nó abrir el grifo atmosférico (ya que se supone que al "sofocar" la combustión la producción de vapor será pequeña, incluso en caldera a líquido o gas combustible, porque puede haber mucho refractario con calor "residual", pero el grifo atmosférico en general no es suficiente, terminarán saltando las válvulas de seguridad, leña hay mucha "penetraciones de aire parásitas: juntas de tapas de la cámara de combustión, cenizeros, corrosión, mal las tapas mecanicamente, etc.).
3-Hecho lo anterior, revisar a donde tenemos el nivel de agua:
a-Si no se vé el agua por el tubo de nivel o el "grifo de prueba" más bajo que solo debe salir agua, si sale vapor solamente, si tenemos una purga contínua de superficie y solo sale vapor : NO PODEMOS ALIMENTAR EN
EMERGENCIA LA CALDERA POR NINGUNA RAZON (NI SIQUIERA POR LA ALIMENTACION AUXILIAR DE INYECTORES U OTRO SISTEMA ALTERNATIVO) , si la alimentamos con agua fría (y aún caliente si la caldera tiene el nivel muy bajo o vacía-este caso de vacía o semi-vacía, el más peligroso se nota por el olor a "vapor sobrecalentado" en toda la planta ya que las superficies de intercambio de la caldera están en contacto con el vapor y lo sobrecalientan, donde el vapor suministra SE SENTIRA EL OLOR a vapor sobrecalentado), al introducir agua producimos en las superficies de la calderas sin refrigeración un golpe o "shock" de temperatura que "retuerce" los tubos de los pases y hasta el tubo del hogar, desprende los tubos de las placas e incluso al tubo del

hogar retorcido, y como el vapor que se forma del choque del agua contra las superficies calientes hace que se produzca presión de vapor que puede escapar por las "roturas" que hace que la caldera pierda "estanqueidad", y si tenemos suerte se va el vapor por la chimenea, pero si el calor es mucho y el choque de agua abundante, seguro que tendremos una "explosión" si la superficies están muy calientes (ni que hablar de la seguridad y de la destrucción de la caldera). YA LA CALDERA SIN ALIMENTAR, VAPORIZANDO UN POCO (en biomasa depende de las entradas de aire "parásitas" bajo la grilla, por fallas en las aberturas, por corrosión en el "casing", o sea su caja de metal que evita que entre aire o salgan gases de la cámara de combustión y por lo general estamos hablando de "quema directa" con capillas de combustión). DADO QUE EN ESTA CONDICIÓN, DE CALDERA "AHOGADA" (sin aire para la combustión, como la leña o sea el combustible estaba en proceso de combustión en una cantidad importante, y como DEBEMOS DEJAR ENFRIAR LA CALDERA Y COMO SIEMPRE HABRÁ UN "CIERTO CALOR" QUE PRODUCE VAPOR, COMO ES CASI IMPOSIBLE ENFRIAR TOTALMENTE UNA CALDERA CON ESTA CARGA DE ROLOS "CASI APAGADA, PERO NUNCA DEL TODO", NO SOLO CONSUMIRÍAN EL AGUA RESTANTE, AUNQUE DEBEMOS DEJAR ENFRIAR DESPACIO Y TOTALMENTE LA CALDERA PARA UNA INSPECCION PROFUNDA (ver daños, hacer ensayos si fuera necesario, como pruebas hidráulicas u otros ensayos no destructivos que sean necesario, etc., si es importante denuncia al organismo competente el evento),

ESTARIAMOS MUCHAS HORAS CON ESE "FUEGO"HASTA QUE LA BIOMASA SE CONSUMA AUNQUE SEA EN UN BAJO CALOR, EN ESTE CASO CONVIENE PROCEDER A "APAGAR" LAS BRASAS Y ROLOS, PERO CON MUCHO CUIDADO, CON ESTE MÉTODO QUE PROPONGO Y NUNCA POR "CHORROS" DE AGUA FUERTES QUE PRODUCEN CHOQUES TÉRMICOS QUE DAÑAN LAS GRILLAS FUNDAMENTALMENTE (ya que para sacar del hogar los rolos y brasas no se puede sin gran riesgo), ES DISPONER DE ANTEMANO UN PICO DE LLUVIA DE AGUA (si es caliente mejor, para evitar el choque con el metal recalentado de las grillas que se parten por ser de fundición o aún los tubos de la capilla al rojo vivo), PERO ESTE PICO PUEDE SER UN CAÑO (1" ó 11/2" si la caldera es grande con un largo operable) CON UN PUNTERO DE LLUVIA FINA (preferible si se puede introducir por una mirilla de observación frontal o una tapilla de observación lateral del fuego, y si nó abriendo un poco las tapas del cargador, no demasiado por evitar una contra-explosión, y dejando un "pequeño tiro" para que salga lentamente el vapor formado y gases tóxicos por la chimenea, ojo que al abrir alguna tapilla puede producir una pequeña "contra-explosión,

ponerse de costado, abrir despacio el agua y mojar en forma pareja los rolos y las brazas por el tiempo necesario, sin apurar).
LUEGO QUE EL FUEGO ESTE APAGADO MANTENIENDO UN LEVE BARRIDO CON EL TIRO PARA EVITAR LOS GASES "VENENOSOS" QUE SE DESPRENDEN DE LO CARBONES Y BIOMASA QUE PUEDE TODAVIA PUEDE "DESTILAR" (y que no haya posibilidad que se vuelva a prender, ya con la caldera fría a menos 50ºC podemos sacar los rolos y brazas por la boca de carga o mejor si la caldera tiene en la capilla un tapa que le permite hacer esta operación en el frente o costado de la parte superior a la parrilla en la zona más baja o grillas, así el material a retirar va a esta zona más baja, con una especie de "rastrillo" para arrimarla a la boca, cosa no factible hacerlo sin riesgo por algunas bocas de carga horizontales superiores (tapas frontales o laterales que en muchas calderas están faltando, aún en calderas muy importantes, por eso digo, fabricar calderas como taller metalúrgico es una cosa, y fabricar calderas con la información de los operadores es otra cosa).
RECORDAR DE MANTENER UN BARRIDO EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN FORMA LEVE, Y USAR LENTES, GUANTES, MASCARAS DE POLVO, BOTAS Y ROPA ADECUADA, Y SIEMPRE QUE SEAN DOS LOS OPERARIOS EN ESTAS OPERACIONES (una hace de rescatista por si el que tiene la tarea de la extracción se marea o se quema, , cosa que con el calor y problemas en el aire es bastante común, mantener el venteo por el tiro siempre, para que los gases y vapores de destilación vayan a chimenea).
Las causas porque una caldera se puede quedar sin agua son muchas (falla de la bomba de alimentación-desde problema eléctricos a mecánicos e incluso tapado de filtro de succión, tanque de alimentación sin agua de reposición suficiente, pero lo que *no pueden fallar son los "controles por bajo nivel" capaces de cortar la combustión al nivel mínimo aceptable y con alarma de aviso, tanto sonora como visual, pero nunca un solo control de nivel, deberá haber siempre un control de nivel de respaldo o segundo control de nivel, cuya única función será cortar si el primero falla *(por eso deben estar conectados en diferentes conexiones directa al cuerpo de la caldera, parte de agua y vapor, pero las fallas de los controles de nivel pueden ser muchas, por eso se prueban cada 4 horas para ver si el quemador apaga al "simular" el bajo nivel al purgar, porque las fallas de los controles de nivel son causas de la mayoría de los accidentes: se tapan las conexiones del lado agua con barros, esto porque no se purgan adecuadamente o están mal instalados, el tratamiento químico produce muchos barros, en algunos casos, y no se destapan cada año para hacer limpieza mecánica de los

barros, tanto en conexiones como en la "bochas" de los niveles que pueden quedar colgados por barros en las parte bajas u óxido entre la boya y el fondo del cuerpo, mayormente por corrosión galvánica, boyas y cuerpos de material metálico diferentes que son proclives a formar como un depósito junto con barro y "cuelgan las boyas", fallas mecánicas en los link mecánicos de las boyas a los micro-interruptores, conexión eléctrica en mal estado por pérdidas de vapor de los fuelles de estanqueidad y movimiento en caso de los de flotador lateral, o desgaste del buje en los con boya de movimiento vertical, corto-circuitos de los cables, que deberían ir separados hasta el tablero principal conectados en distintas fases, "puesta a tierra" por humedad y todos los cables van por una misma canalización, cucarachas que viven al "calorcito" entre los cables y la canalizaciones, etc. En calderas con controles por conductidad mantener limpios los electrodos y las aislaciones, y los prensas de los electrodos. Por eso algunas calderas, ya más importantes, tienen un tercer control de nivel (que se instala por lo general directamente al cuerpo de la caldera y su nivel de agua, sin cañerías, que se prueba cada tanto tiempo en los períodos de mantenimiento haciendo llegar el nivel al mínimo-mínimo nivel corta todo el sistema de quemador y bomba de agua, para ver si funciona. Si bien las calderas tienen un "tapón fusible de estaño"(funde aprox. a 230ºC, siendo estaño "puro") en una placa que debería fundir en caso que se produzca un bajo nivel de agua importante, no hay que confiar que este tapón pueda apagar la combustión, a lo sumo se oirá la pérdida de vapor como un silbido y la pérdida de agua por la caja de humos, que demora bastante, pero es un buen testigo para saber si ha ocurrido un evento de bajo nivel deber fundír, pero muchas veces "salta el tapón que hace el estaño", por distintas razones sin tener realmente un "bajo nivel", por eso hay que cambiarlos entre 6 meses y máximo un año, y siempre limpios del lado agua de incrustaciones.

Hoy es imperdonable, que las instalaciones sigan haciéndose mal (a veces todos lo controles de nivel de seguridad, incluso los visuales se conectan a un solo repetidor de nivel, que también tiene un solo suministro de agua que se puede tapar con barros, en los cuales la válvula de purga todavía es insuficiente y algunos ni siquiera se le ponen los tapones de limpieza periódica, incluso se ponen junta entre bridas cuyo orificio interior es de poco diámetro y permite que se bayan depositando los barros). He visto accidentes por estas razones (incluso en caldera importadas de Europa), no soy partidario de una sola columna hidrométrica o sea repetidora de nivel interno, puede ser una parte débil, pero hay infinidad de errores que se cometen en nuestra plaza por falta de conocimiento por estos temas (las reglamentaciones bien venidas

sean, pero el conocimiento es imprescindible).

Bueno, hay mucho para decir, tengo un PDF sobre esto tan grande que no lo puedo subir (si alguien le interesa se lo mando), pondré algún PDF con fotos que pueda entrar en el Foro.

Saludos y a cuidarse de los errores humanos, desde el diseño a la operación, ni que hablar de las responsabilidades.



FALLA DE PROTECCION POR ALTA TEMPERATURA CALENTADOR DE FUEL OIL (EXPLOTO EL CALENTADOR ELECTRICO)

¿Tengo una caldera de quema directa (rolos), la ceniza sale con mucho restos de carbón sin quemar, que puede pasar?

Esto depende de algunos factores que estan relacionados con la parrilla (grillas): la distancia entre grillas (que no debe ser muy grande, es un problema grande cuando la caldera se ha hecho la "grilla" con tubos y aletas es todo un problema), la luz entre la parrilla y las paredes de tubos (donde entra el aire sin restricciones, dejando de penetrar correctamente por la "masa" de rolos en combustión, la misma sufre una

combustión con falta de aire sobre la parrilla ya que el aire entra lateralmente), la parrilla móvil con mucha luz entre entre grilla fijas y móviles (donde caen las brazas al mover la parrilla móvil para sacarla ceniza o cuando se tiran los rolos y golpean la masa de rolos en combustión (o el uso abusivo de los "empujadores" o de la misma manera la exagerada extracción de ceniza que no deja formar una "cama" de ceniza protectora del sobrecalentamiento de la grilla).

Como se verá hay varias razones, pero debemos ir corrigiendo de a una, ya que muchas veces la culpa de los mismos fabricantes que mandan gente a armar la parrillas sin experiencia. Veamos como "yo" procedería a estudiar y eliminar el tema (recuerden que siempre es mi opinión, en el acierto o en el error).

1-Lo primero es mirar de alguna forma (por la compuerta de carga o doble compuerta apenas abiertas para obsrvar) si vemos la unión de la "parrilla" y las paredes laterales de tubo (con la caldera quemando a medio carga o más) si vemos en esta zona una llama como un soplete contra la pared. Esto indica que tenemos un "corto-circuito" que permite entrar el aire por los laterales y no por el centro de la masa de rolos en combustión (o chips). El primer paso será "tapar" esta luz excesiva entre la parrilla y las paredes laterales, usando refractario (con cordones de sello como calafate de aislación de roca, lo que antes se usaba era amiando en cuerda floja). Si usamos refractario hay que dejar una luz de dilatación de la parrilla que de deberíamos cerrar con un cordón de roca "flojo" (no duro, de manera que selle y sea elástico).

Luego observar nuevamente la combustión cuando se ponga nuevamente en

marcha, ya no tendremos el "soplete" de llama, y puede que esto sea el problema si observamos el resultado de la pérdida de carbones en la ceniza (pero no usar demasiado la grilla móvil, solo lo necesario).

2-Ver las luces de la parrilla: entre grillas fijas, entre grillas fijas y móviles, ajustar las luces a un valor aceptable de unos milímetros necesario para la dilatación (observar bien se la grilla móvil es "flotante", es decir dilata en ambos sentidos o hay un cojinete que limita hacia un lado el movimiento de dilatación.

Si el problema sigue, si no movemos permanentemente la grilla móvil, si no tenemos una grilla de tubos aleteados con distancia fija, y el problema sigue, lo que queda es ver si los agujeros de la grillas fijas son dimensión y conicidad adecuada (la conicidad debe permitir que la ceniza que entra el agujero pueda caer, o sea el agujero es cónico (aumenta su diámetro a media que la ceniza baja y esto hace que el agujero no se tape y pueda entrar aire).

Y queda un último tema, la calidad de la biomasa: si es leña de monte (que no se debe quemar, además tiene mucha sílice que forma carbones "muertos" de difícil combustión), que no sea ecualiptos o pinos de la playa (que contienen sales que producen carbones de difícil combustión, la presencia del agua salada del mar es todo un problema, ya que el árbol absorbe el agua contaminada de una forma u otra, sea por el sub-suelo o los vientos).

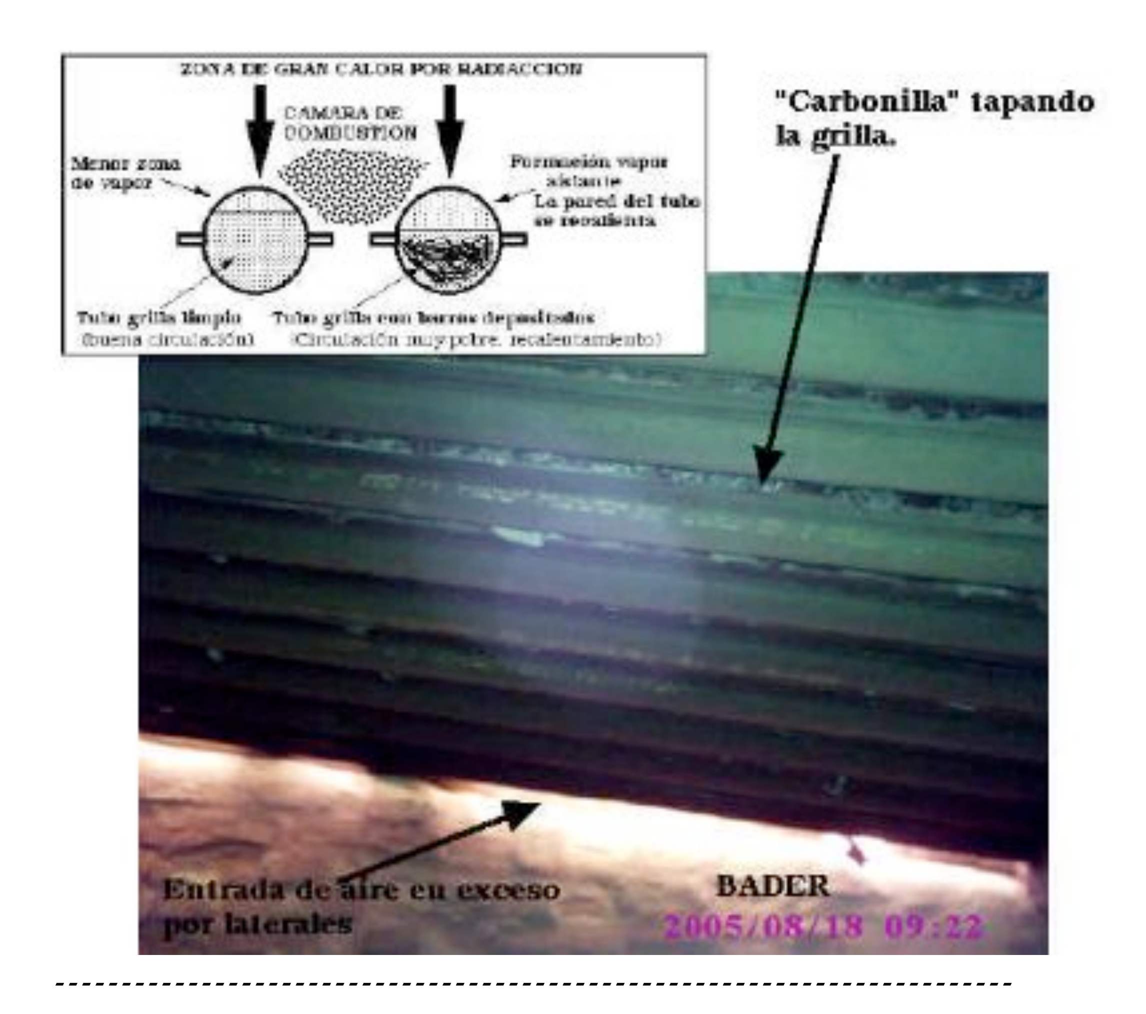
Bueno, no sé si esto le sirve a mi "amigo foguista", pero es lo que hay "valor" en este viejo.

¿Realmente la "post-combustión" en biomasa (como Ud. llama y define) representa un peligro para las calderas?

Realmente, no es un problema fácil de entender si no se ha trabajo por muchos años, "mano a mano" con las calderas y midiendo (además de ser el responsable de las mismas en todo sentido), observando y recabando datos de la realidad. La "post-combustión" y su existencia me llevó muchos años desentrañando el porqué de su existencia en calderas de biomasa (no se encuentra nada en la literatura técnica del tema) y si bien lo he llamado "post-combustión" (porque ocurre luego de que supone que la combustión ya se debió haber hecho en la cámara de combustión, esta combustión es volver a entrar en ignición una serie de gases sin quemar que pueden "escapar" de la cámara de combustión en forma de "gases sin quemar", en suficiente cantidad y oxígeno, que por alguna razón no terminaron su combustión en "tiempo y forma" y que al encontrar nuevamente las condiciones de establecer su "reencendido" en una caja de humos, en un ducto o un ventilador de tiro inducido, siendo estos lugares los gases que generan calor a reencenderse no enfriados por agua en un ECO u otro como un calentador de aire, desarrollan una cierta temperatura que pueden afectar el área donde ocurre esta segunda combustión, que si bien muchas veces no es un calor de muy alto valor, producen distintos efectos por temperatura en los materiales de la caldera en la zona donde se producen). Pondré dos PDF que no pueden negar su existencia, ya que uno muestra el recalentamiento del cono de salida de un ciclón separador lo que no se puede "desmentir" y el otro de un ventilador de tiro inducido de una caldera de porte a gasógeno que se negó que fuera por calor que se destruyera (un estudio hecho en USA por una simulación por computadora demuestra que para ocurrir la deformación del material del ventilador la temperatura debió haber

llegado a 700ºC y ya tenía antecendes de otros casos similares en otras plantas.
Estos "gases sin quemar" que escapan por chimenea o se reencienden en algún lugar, son los responsables del "sobre-calentamiento de placas" en calderas humo-tubulares de "quema directa" (que su peligro es el recalentamiento de la placa en la parte superior, zona de la cámara de vapor, donde por alguna razón si es "salpicada" por gotas de agua de caldera, la misma al evaporarse genera condiciones de contración de sales que pueden llevar a un "fragilidad cáustica", algo muy peligroso que puede permitir la explosión del cuerpo de la caldera al cortarse los stays contra las placas que ocurre el fenómeno (en una sola caldera me pude enterar que el calor directamente fue lo que destruyó la placa en la parte superior, pero no creo este solo el peligro mayor, sino el tema de la concentración de sales es mucho más peligroso porque no se necesita grandes calores (la temperatura de la placa de las calderas humo-tubulares en la parte superior de la cámara de vapor está limita a un máximo de 28ºC sobre la temperatura del vapor, no así bajo el nivel del agua donde la temperatura superficial del lado gases se permite hasta los 420ºC, ambas son normas muy antiguas que se ignoran bastante en nuestra plaza.
Creo que el PDF que muestra el color de recalentamiento, más el desprendimiento de cenizas con "chispas" del ciclón que mostramos, no es posible inventar otra "escusa" de que estoy equivocado. Pongo nuevamente sobre el sobrecalentamiento de placas un PDF:

https://docs.google.com/file/d/0B9sA1bytwpClNExpR3owQlJZb00/edit, donde espero puedan bajar de la nube.
Casi todos estos eventos están asociados a la humedad excesiva, en este caso del chips de la quema directa, pero en otras calderas humo-tubulares de rolos el problema es la mala regulación de los aires bajo grilla y tiros (hay una falta de concepto que lleva a cometer errores a los ingenieros que diseñaron estas nuevas modalidades de usar "solo convertidores de frecuencia" para regular los aire y tiros, antes que usabamos por muchos años reguladores modulados a persianas no ocurrían estos hechos de "sobre-calentamiento de placas".
Bueno, tengo mucha información, pero no la puedo subir directo por la limitación del Foro.



Historias sobre calderas que nos enseñan:

¿Porqué razones una caldera humo-tubular puede aflojar los tubos sobre la placa más caliente?

Cualquier caldera humo-tubular, con cualquier combustible, si los mandrilados (o mandrilados y soldados, la técnica actual) los tubos a la placa más caliente, es candidata a "aflojar" los tubos en la "placa más caliente" (principalmente por la alta temperatura está más expuesta a que sufra la pérdida que la placa más fría, la "placa más caliente" es por supuesto la que se expone al calor del final de la combustión del tubo del hogar y la temperatura máxima "admisible" superficial lado gases es de 420ºC, según normas para evitar el "stress por cracking",

efecto de temperatura, fuerza y tiempo) bajo el nivel del agua y por sobre el nivel, zona de vapor, la temperatura máxima es de la correspondiente a la presión de vapor saturado más 28ºC (para evitar la concentración de sales del agua sobre los stays-placa que puedan generar una "fragilidad cáustica" por esta acumulación de sales por evaporación. Y porque la caldera humo-tubular los tubos y el tubo del hogar están en permanente "dilatación y contracción", de acuerdo a la potencia de la combustión que va variando la temperatura del lado gases (principalmente, y del lado agua también en mucho menor cuantía, se produce un esfuerzo mecánico sobre las placas y como los tubos están "fijados" sobre ésta, este esfuerzo por una fatiga termina afectando un mal trabajo de mandrilado (o mandrilado y soldado, siendo este último con fisura de la soldadura y si solo es mandrilado, un deslizamiento del tubo sobre el agujero de la placa) la envuelta por el contrario está prácticamente a igual temperatura (la temperatura del vapor-agua saturado de trabajo, solo el pequeño diferencial entre el "prende y apaga" de los presóstatos, lo que es de norma no trabajar con diferenciales de presiones muy grandes que pueden causar el envejecimiento prematuro de la caldera por "fatiga" mecánica del diferencial de temperatura provocado por el diferencial de presión, al variar la temperatura de la envuelta que mantiene la distancia entre las placas, en contra posición del esfuerzo alternativo de los tubos y el hogar, sumado al esfuerzo provocado por la presión). En quemadores con mucha "prepada" o rápida repuesta al aumento de combustión, la dilatación tan rápida de los tubos, llegan hasta doblar los tubos sujetos entre las placas (por ejemplo: en una caldera de 4.000 Kg/hora de vapor le ponen un quemador de 8.000 Kg/hora, aunque la combustión máxima sea para 4.000 Kg/hora, la velocidad de la llama de 0% a 100% en 4.000 Kg/hora de vapor es demasiado y su influencia sobre la temperatura de los tubos, los obliga a un "empuje" por dilatación que no acompaña la "dilatación" de toda la caldera). Claro, la gente que no piensa en estos temas en largos años, viendo ejemplos, no se les pasa por la "cabeza" tal alternativa, ya que lleva años asociar este problema, y en algunos casos he visto hasta la fisura de la envuelta provocada por el "choque" de vapor sobre-calentado por gasógenos que descarga en la cámara de vapor lateral sobre la envuelta y al tener un problema de circulación trabajan con poca circulación de refrigeración y el vapor sale sobre-calentado impactando en la envuelta en una zona lateral de la cámara de vapor, provocando la deformación no permanente pero con fatiga de la envuelta que se supone cilíndrica y sobre-calentarse en una zona se deforma alternativamente provocando la fatiga que termina fisurando la envuelta, esto también lleva años de observación y mediciones

de temperaturas en momentos de "sobre-cargas".
Es evidente que la influencia del tipo de combustible juega un papel fundamental en este fenómeno, ya que la "placa más caliente", podemos decir que está más expuesta a altas temperaturas en el siguiente orden: con gas natural la temperatura más alta y con más riesgo, luego el F. Oíl le sigue y los combustibles a biomasa son los que menos influyen en este fenómeno (ya que la biomasa la llama es de más baja temperatura que los otros combustibles, no confundir el "sobre-calentamiento placa" por "post-combustión", ya que es ocurre en la zona de la placa que está en la cámara de vapor y donde el enfriamiento de la placa con vapor es menor al enfriamiento de la zona de agua, aunque en esta zona las temperaturas del gas son muy altas comparativamente y la velocidad de los gases de combustión muy alta, lo que favorece el recalentamiento del tubo sobre el mandrilado y produce la falla y más si el trabajo de afirmado de los tubos está mal hecho, y en tubos que sobre-salen de la placa, estas partes del tubo no quedan refrigeradas y esto produce no solo fisuras, sino hasta el "quemado" del metal del tubo, además hay que considerar que el espesor de la placa que no deja enfriar bien la "punta" del tubo no refrigerada por el agua, o que también obliga que la "punta del tubo" baje casi al ras si es mandrilado y soldado, además no tienen que tener "mala terminación", como protuberancias de la propia soldadura o marcado el tubo por la debastadora, debe quedar pareja la soldadura y la terminación del tubo, ahora si son solo mandrilados, deben tener la "punta del tubo" recalcada o sea "repujada" sobre la placa para que no sobresalga el tubo y se exponga al calor, esto en la placa más caliente, no así del lado de la placa fría que el tubo puede sobresalir unos milimetros. Esta falla puede llevar a la fisura del agujero de los tubos sobre la placa.
Pero hay otros fenómenos que ocurren en la marcha de las calderas que provocan el "aflojamiento' de tubos sobre las placas, y estos son:
1-Exceso de combustión.
2-Diferencial muy grande entre el "prende y apaga" del quemador".
3-Incrustaciones sobre los tubos y las placas que no dejan refrigerar bien la placa y el tubo unida a ella.
4-Trabajar con aguas con una tenso-actividad muy baja, lo que produce un
mala circulación del agua que es la responsable de la refrigeración tubo-placa".
5-Consumos instantáneos de vapor de gran influencia en la presión interna de la caldera.
Analicemos el mecanismo de estos puntos en el "aflojamiento de tubos":
1-El exceso de combustión, hace que la temperatura de la "placa más

caliente" (entrada del primer pase de tubos) por razones de velocidad de llama, la misma al aumentar por encima del diseño, hace subir la temperatura de dicha zona, incluso, si entra en el tubo se "apaga" la llama y estos son "los gases sin quemar" (en F.Oíl produce humos negros, en Gas natural no solo se vé cuando medimos si falta de exceso de aire y la precencia de CO (monóxido de carbono, que debe ser menor a 400 ppm), en biomasa es una de las causas de la "post-combustión, ya que estos "gases sin quemar" se pueden volver a encender y seguir su combustión en las cajas de humo, solo se detecta visualmente si la llama visible llega a la "entrada de los tubos", pero hay una zona final de la llama no visible y su única manera de detectar su falta de combustión es midiendo el CO o los "gases sin quemar" (por eso en biomasa hay que usar instrumentos para medir los gases "no quemados" o CO, ya que no son visibles a la descarga de chimenea, o sea los humos (el único visible su mala combustión es el F. Oíl mostrando humos negros).
2-El diferencial muy grande entre el "prende y apaga", ya lo explicamos, hay un fatiga por dilatación-contración mayor al admisible que con el tiempo fatiga esta zona de unión entre tubos y placa más caliente.
3-Las incrustaciones, dependiendo de su espesor y su composición, son más o menos aislantes, lo que no deja refrigerar la placa y los tubos unidos a la misma (por eso cuando se inspecciona una caldera, siempre hay que observar que las incrustaciones en esa zona, placa-tubos más caliente, no sean importantes, las incrustaciones muy duras (principalmente las con sales de sílice) son muy aislantes, alcanza con un par de milímetros para crear una alerta, las incrustaciones blandas, barrosas, carbonatos de magnesio principalmente, no son tan aislantes por ser porozas (húmedas internamentes, lo que permiten una menor aislación). Los tubos incrustados, que son mal refrigerados por el agua, dilatan más de lo normal, esto hace que el "empuje" de dilatación sobre las placas provoque su aflojamiento en los mandrilados o mandrilado-soldados (que si bien soportan mejor el empuje, terminar fisurando la soldadura del tubo sobre la placa e inclusive puede provocar la fisura entre agujeros de la placa).
4-Como la tenso-actividad del agua influye en la circulación interna y esta en la refrigeración tan delicada de la zona placa-tubos más caliente, puede provocar una falta de refrigeración en dicha zona (la tenso-actividad del agua de una caldera por lo general es afectada por la falta de purga, por contaminaciones, por productos químicos del propio tratamiento inadecuados, etc.
5-Los consumos instantáneos de vapor (como la apertura de una válvula esférica de gran diámetro de vapor, que baje la presión de la caldera un cierto porcentaje que sea notorio, las burbujas de vapor que se forman

en la zona de unión-placa tubos más caliente. aumentan de volumen y con ello hacen más dificultosa su refrigeración (esto también ocurre si se trabaja la caldera con más baja presión de lo normal y con gran consumo de vapor). Es un fenómeno difícil de analizar si no se han conocido muchos casos de la realidad. Las válvulas esféricas en las cañerías de vapor son un problema si son de gran diámetro, ya que es difícil abrirlas despacio (no así las válvulas de globo o esclusa que dependen su apertura-cierre de una rosca que avanza despacio la apertura y cierre). Este fenómeno es notable en curtiembres con los fulones, en dulcería con pailas o textiles con baños de teñidos por bache.
Las calderas deben estar bien terminadas los mandrilados, las soldaduras, no debe haber incrustaciones que aislen la refrigeración correcta, los quemadores deben estar bien regulados en su potencia y marcha, los calentamientos cuando la caldera esta fría debe ser lenta de acuerdo al tamaño de la caldera, el tratamiento de agua en los valores correctos con los productos correctos, no debe haber contaminaciones de productos que vengan tanto por el condensado de retorno o el mismo vapor cuando la caldera para en la noche o en los fines de semana, al enfriarse y producirse en la la misma un "vacío" que "chapa" por los caños de vapor que están en contacto con productos, etc.

Es un tema que dá para mucho y se dispersa, y puede ser multifactorial (ocurrir por varios efectos sobre-puestos que acumulan su efectos para producir el daño, que capas que por si solo no alcanzaría a ocurrir).

Algo interesante que está ocurriendo, en sus primeras observaciones, pero dá ya para pensar.
En una caldera "sin tubo de hogar" a biomasa, dado que la placa trasera (son calderas de 2 pases de tubos, al no tener tubo de hogar de combustión), se procedió a proteger la placa del lado gases dividiendo la parte superior de la caja de humos trasera con el calentamiento, con un separación de refractarios (como si fuera un "cielo raso" de placas), es decir la parte superior queda aislada de la parte inferior de la cámara o caja de humo (en donde se produce el pasaje del primer pase de tubos al segundo pase de tubos), en una palabra, los gases tienen un "retorno" casi instantáneo de un pase de tubos al otro. Considerando que mi teoría es que la placas calientan por "post-combustión", esto me hace pensar que al achicar la cámara de inversión de los gases, con la velocidad de los mismos de retornar del primer pase al segundo de tubos, no hay oportunidad de producir una combustión (que si estuviera la caja de humos sin dividir, hay una buena cámara de combustión, con más

tiempo y oportunidad que la misma ocurra). Que corrobora esto, que antes de poner la división de la cámara de humos trasera la lectura de oxígeno daba un valor más bajo que lo que empezó a dar a partir de arrancara con la caldera modificada la cámara de humos (todo esto es la observación de los atentos profesionales, foguistas, que operan la caldera y que la misma tiene un medidor de oxígeno). Ahora, que es lo que pasa? En mi teoría, al no haber una "post-combustión" por falta de espacio y tiempo, no hay un consumo secundario de oxígeno, lo que sería que el oxígeno no daría un valor tan alto como ocurrió después de poner el tabique separador. Lamentablemente la caldera no tiene medidor de CO (monóxido de carbon) o "gases no quemados", es evidente que si lo tuviera, el valor de estos parámetros aumentaría. Es decir, la caldera aumentará la pérdida de gases sin quemar y el consumo de leña aumenta para la misma producción (ambas cosas están en proceso de corroborar). No es que me quiera adelantar a los acontecimientos, pero para mí esto del oxígeno es un dato muy importante, me indica que evidentemente ya no tengo "post-combustión" en la caja de humos (la placa no calentaría por esa razón y por la propia aislación de la corriente de gases de la placa en la zona de vapor). Ahora, algo más interesante, que es lo que produce esta tan "gran post-combustión" en estas calderas sin tubo de hogar y sin persianas reguladoras moduladas combinadas con los convertidores de frecuencia de lo ventiladores. Pienso que no solo la falta de persianas moduladas en el bajo grilla (y el cierre del aire secundario por persianas automáticas, que queda siempre abierto y solo controlan con el convertidor el volumen de aire a partir de cierto % de oxígeno), sino que la falta de tubo de hogar es el causante principal de este tipo de caldera que se produzcan "post-combusitión". Para mí el tubo de hogar de combustión en una caldera humo-tubular actúa como una cámara torsional con el gasógeno, es decir, es imposible sin una cámara torsional lograr una buena terminación de la combustión con un gasógeno en una caldera humo-tubular, lo mismo ocurre con el tubo de hogar, en donde la mezcla de gases pobres y ricos se mezclan y si la llama no es muy larga, la combustión es completa. Al no tener tubo de hogar en quema directa en una caldera humo-tubular a biomasa, la llama de la cámara de combustión penetra más fácilmente a los tubos de humo del primer pase y esta llama practicamente sin quemar en su totalidad, suspende su combustión por enfriamiento y velocidad, lo que lleva que se pierdan gases sin quemar aunque tengan oxígeno suficiente para hacerlo y si se dá la oportunidad, en una caja de humos o en ducto o en una caja de ventilador, se produce "post-combustión", provocando daños muchas veces con un alto riesgo para la caldera (como el caso de las placas recalentadas en las zonas de vapor).

Por eso recomiendo, que se compren calderas humo-tubulares con tubo de hogar, tienen mejor condiciones de lograr una combustión completa, se ensucian menos o sea se alargan los períodos de limpieza y su rendimiento al no ensuciarse tan rapidamente es mejor en el tiempo. Veremos que pasa con los días, este país es muy lento, algo que no entiendo cuando se "quema plata".

Pueden bajar de Internet mis observaciones sobre el Sobrecalentamiento de placas y su posible peligro para la vida de la caldera y la vida humana fundamentalmente:
https://docs.google.com/file/d/0B9sA1bytwpClNExpR3owQlJZb00/edit
de manera de poder seguir leyendo lo que discuto a continuación:

Estimados "foguistas", esto del "CALENTAMIENTO DE PLACAS EN CALDERAS HUMO-TUBULARES" esta llevando a que en vez de buscar de solucionar el
problema de porqué se produce la "post-combustión" capás de producir un calentamiento de placa en la zona de vapor (no debe haber sobrecalentamiento de las placas en la zona de vapor bajo ningún concepto, el conocimiento y las normas son claras, las razones varias y para mí la más peligrosa es la que he llamado "efecto perverso" de disipar el calor por la base de lo stays, que al evaporar el agua de caldera que "salpica" o las espumas que mojan los stays y la placa, al evaporar el agua concentra las sales y puede llegar a producir la "fragilidad cáustica", con micro fisuras, que pueden desatar el "demonio" de un explosión de la caldera (como ya he visto este fenómeno, creo en él), lo que se hace es un "remiendo" de aislar la placa de los gases calientes (o llama de la "post-combustión"). El problema de arreglar que se produzca "post-combustión" seguirá y esto significa una pérdida de gases sin quemar (en otras se quema parcialmente en la "post-combustión") que es una pérdida económica, contaminante y que ensucia más rapidamente la las superficies de intercambio de la caldera, obligando a períodos de limpieza más corta y a pérdidas de transferencias en las superficies de intercambio y aumento a su vez de la pérdida de "gases no quemados";
Ya he expresado mi "idea" que es la falta de regulación a 0% a 100% de la entrada de aire de combustión bajo grilla, ya que los convertidores de frecuencia no cierran el bajo grilla, ya que apagan sus motores antes de llegar la caldera al mínimo o cero de producción de vapor. Cuando la

caldera corta el bajo grilla debe estar cerrado (y todas las aberturas a la cámara de combustión).
Pero si vamos, no sé si por el concepto de "ahorrar" (que creo que se ahorraría mucho más si arreglamos el tema de fondo o de raíz, para mí la regulación del bajo grilla con persianas o similares moduladas y combinadas con los convertidores de frecuencia para que regulen cada una en su rango), la aislación de la placa debe seguir un criterio: no entorpecer el mantenimiento y reparación, como limpieza de hollín y cenizas, cambio de tubos, etc. y fundamentalmente "no tapar el tapón fusible del lado gases", ya que el tapón fusible está en la zona debajo del nivel de agua (muy buena refrigeración, ya que los tapones son de estaño y funden a 230ºC y debe tener contacto con los gases calientes para que la placa caliente a medida que el nivel baja en demasía, queda "descubierto" del lado agua y el vapor no es buen refrigerante). El tapón fusible parece "una redundancia" y que no va apagar el fuego, pero tiene la gran virtud de ser un avisador del bajo nivel muy certero y es casi imposible que el operador no se dé cuenta que el tapón a fundido (por la perdida de agua y vapor, con un "silvido" muy ruidoso y caraterístico, además de ver agua que pierde por la parte baja de la caja de humos (aunque a veces un tapón fusible fallado puede llegar a "saltar" el tapón de estaño, porque están mal confeccionados, sucio al fundir el estaño, con falta de conicidad de agujero que aloja el estaño, etc.). Pero lo más interesante de un tapón fusible es que es un testigo que no deja dudas y no miente si se produce un bajo nivel (salvo que está incrustado del lado del agua y se tape.
Lamentablemente, hemos visto que algunos operadores de talleres de plaza han intentado poner las aislación del lado gases en la zona de la cámara de vapor, pero han bajado su posición erroneamente por debajo del nivel de agua (produciendo la falla que hemos descrito anteriormente, pero, gracia a que nuestros "foguistas" están atentos, han parado la mala idea, pero ha quedado de todas maneras en algunos casos, un tabique
innecerario y complejo, más mantenimiento por la facilidad de roturas, ya que con simplemente poner un pared de canto de refractario, ancladas las piezas a la propia placa con bulones de inoxidable es suficiente o más fácil y práctico es poner una chapa de inoxidable de 4 mm. de espesor con una cámara de aire de unos 50 mm de la placa, sujetada por bulones cuyas tuercas y contratuercas sostengan la chapa para poder desmontarla para inspección de la placa, cerrando la parte de abajo con un doblés de la propia chapa y haciendo "besar" el borde" cilíndrico de la chapa al diámetro de la envuelta de la caja de humos (en caso que la abertura de la caja de humos sea relativamente pequeño, que no se saque

la tapa de cilindrica de la caja humos, se pondrá la chapa por secciones, con una unión de solapa, nada más y listo.
PERO LUCHEMOS POR ARREGLAR EL PROBLEMA DE FONDO, NO PUEDE SER QUE NOS VENZA EL DESCONOCIMENTO, EL ORGULLO O CUALQUIER OTRO PREJUICIO, LLEVO 9 AÑOS LUCHANDO POR ESTO Y REALMENTE NO ENTIENDO LA POCA RESPUESTA DE ALGUNOS TALLERES NI DE LAS PROPIA FABRICAS PERJUDICADAS.
Bueno, ya no debería importarme, con la edad que tengo, con el caballo cansado y los 55 años de caldera, es casi un lucha sin sentido, si es así, esperemos una buena explosión para que alguien tome recaudo, aunque ahora con la nueva ley "empresarial" ni los mandos medios se salvarán, el problema es quién asesora al Juez en caso de siniestro, si realmente sabe de caldera o cree que sabe y termina responsabilizando a la "persona equivocada" que se coma un "garrón".

Estimados, debo aclarar que todo el "enojo" del tema del "calentamiento de placas en calderas humo tubulares a biomasa", este caso tan especial por el tema de "post-combustión" en la biomasa, surge porque la autoridad habilitó una caldera casi nueva por un período más corto por el normal, hasta que se hicieran estudios metalográficos y que se aislaran las placas del lado gases. Debo aclarar que a esta empreesa yo le avisé ya hace años del tema, hasta logré que fueran los fabricantes (quienes negaron y adjudicaron a "manchas químicas" algo que para mí siempre fueron "manchas de calor"). Además, cuando se instaló esta caldera, alerté a su adquirente que tenía, para mí opinión, un faltante de regulación de aires bajo grilla (que solo se hacía por el convertidor de frecuencia del motor, algo para mí totalmente insuficiente y que creo que es el culpable del tema del calentamiento del placa).
Aquí la reacción me recuerda, tantas de nuestra idiosincrasia, dar la razón a otro es muy "doloroso", que alguien te avise que viene el tren y te puede atropellar es casi un "atrevimiento", que la reacción puede ser muy dispare y asombrosa. Nos pinta......

Otra, quiero aclarar, ya lo he hecho, pero puede que no me hayan entendido, que hay "calentamientos de placa" por fallas en la división entre el primer pasa de tubos y salida del hogar cilíndrico, con el tercer pase a chimenea, por rotura del baffle (de tubos de la capilla trasera si la tubiera o de la capilla refractario como algunas calderas de frontera), esto es muy importane, es lo primero que hay que mirar,

antes que nada si hay perforación o fisura en el "baffle". En el caso de la caldera de 2 pases, puede haber un rotura o falla en la junta de la tapa trasera, del baffle de refractario que protege la parte superior de la placa. LAS PLACAS NO DEBEN SOBRECALENTAR EN LA ZONA DE LA CAMARA DE VAPOR!!!!!

Yo lamento las reacciones casi "troglodita" de algunas personas que tratamos de ayudar, en 9 años no hemos cobrado un peso a nadie, sí hemos tenido muchos gastos y aguantar mucho "viento en contra".

No hay que temer y más vale tener nuesta caldera "segura", no tenerla segura, sería una ignorancia que nos llevaría realmente a tener una "bomba en casa" y Ud. sería su propio "terrorista".

Como dijo "aquel": "Ud. decide"



Yo quisiera puntualizar lo siguiente:

1-Las placas en calderas humo-tubulares no deben sobrecalentar y menos en zonas que no hay agua para
su refrigeración como la zona superior en donde está la cámara de vapor (el sentido común y de la
observación es que el tapón fusible es de estaño que funde a los 230ºC y se encuentra en la zona de
bajo del nivel del agua, o sea la placa en la zona de vapor podrá tener unos 50ºF (28ºC) por encima de la
temperatura de agua-vapor.

2-Las manchas de calor por "post-combustión" se producen tanto en calderas con regulación "solo" por
convertidores de frecuencia (sin cerrar el bajo grilla que controla el aire a bajar la producción
de vapor por debajo del valor que cierra si se apaga el convertidore del ventilador bajo grilla (de un
15% a un 20% de la potencia de la caldera), que si sigue subiendo la presión la caldera hasta que corta
por muy alta presión con el convertidor de tiro apagado por el tiro natural, con el cierre de las
persianas del tiros que cierran por un pistón (que hay que dejar un "venteo" para poder "tirar" al aire
los gases a medio quemar por tener el bajo grilla abierto (como si fuera una caldera de tiro natural) o
de lo contrario se llena la sala de caldera de humos y gases contaminantes y explosivos.
Una caldera "sin convertidores", que puede tener regulación total modulada por persianas de 0% a 100% (lo ideal)
o no tener persianas moduladas y ser operadas manualmente. Todos los sistemas tienen a parecerse en muy baja
carga cuando el "casing" está perforado por corrosión, las tapas de cenizas no cierran, las persianas no cierran
bien o el operador no cierra el bajo grilla (entrada de aire) al "cortar" la caldera por baja carga
que lleva una alta presión. Con esto quiero decir que hay calderas sin convertidores que también producen "post-combustión".

MULTICICLON PRENDIDO FUEGO POR "POST-COMBUSTION" EN CALDERA A BIOMASA DE QUEMA DE CHIPS EN FORMA DIRECTA.



3-La "post-combustión" ocurre porque tenemos gases combustibles en alguna caja de humo y tenemos
suficiente oxígeno (que puede venir en la propia vena de gases a "medio quemar" por entrar en los tubos humo-tubulares y apagarse por enfriamiento y velocidad.
Entonces cuales son los momentos ideales para la "post-combustión", especialmente en quema-directa,

si los únicos momentos que tengo gases "sin quemar (como CO u otros) es cuando entra aire y no hay suficiente efecto de mezcla, que ocurre cuando se deja abierto el bajo grilla y el tiro se achica a un valor que no logra la combustión completa (todas las calderas a biomasa de cierta importancia debieran tener la medida graficada en gases de chimenea de CO o gases no quemados, algo que siempre pregoné, pero solo se ponen medidores de O2, medida muy incompleta por si sola). El otro momento que se produce la "post-combustión" es cuando la caldera se carga dejando mucho tiempo entre una carga y otra de rolos y el operador para hacer estas "sobrecarga" los rolos, produciendo llamas muy largas por varios minutos por efecto de "destilación de la madera (10-15 minutos) que si llegan a los tubos humo-tubulares se apagan y producen gases sin "quemar" que pueden volver a quemarse en las caja de humo y hasta ductos y ventiladores, por lo general en estos casos las calderas produce mayor ensuciamiento por la aglomeración de cenizas en las entradas de los tubos (cerrando los mismos al pasaje de los gases).
La vida de la chimenea, ductos y ventiladores de tiro inducido, si estos problemas existen, duran menos por la alta corrosión provocada por los gases sin quemar (ácidos piroleñosos).
O sea, que por observación de llama, se pueden sacar conclusiones de este último problema, pero hay que considerar que hay una llama no visible que necesita unos metros antes entrar en los tubos para lograr la combustión completa (en calderas con tubos de hogar la llama no debería pasas de la mitad del tubo del hogar, en las calderas sin tubos de hogar lograr esto es un problema y por esto el gran problema de ensucimiento que tienen estas calderas que hay que limpiarlas más seguido. Y pensar que grandes calderas a biomasa ni siquiera le han puesto un "humilde" visor para observar el comportamiento de la llama.

4-Que por sobre-calentemiento por "postp-combustión" no se destruirán rapidamente las placas, esto varía a muchas causas, incluso al tipo de soldadura placa-envuelta. Pero las condiciones químicas del agua de caldera si no prevee la posibilidad de la "fragilidad cáustica" (bajar el contenido de sodio y con ello el PH y utilizar productos "antifragilizantes" como el sulfito, el tanino, etc. ya que se puede producir por condución de calor de la placa a los stays (lo que he llamado "efecto perverso", por su silenciosa posibilidad e ignorancia de la mayoría que la química no la tienen en mente y ni los que hacen tratamiento han hecho o avisado que algo puede pasar, han ignorado las manchas o no miran adentro de las calderas como corresponde anualmente y hasta semestralmente) y llevarlos al concentrar las sales del agua de caldera en la zona de vapor a valores de "fragiliad cáustica" (la cámara de vapor de una caldera a biomsasa humo-

tubular y si no tiene tubo de hogar de combustión más, tiene a contener "gotas" de agua en la circulación violenta de los tubos de desahogo de las capillas delanteras, como si fueran verdaderos bombardeo de gotas contra las placas).



5-Si el bajo grilla "cierra" bien el aire al bajar a cero la producción de vapor o en muy bajas cargas va cerrando y produciendo menor combustión, que es el camino "lógico", cerrar la entrada de aire y evitar las penetraciones parásitas (pasa en los motores con carburador, la mariposa cierra el aire hasta casi cero o seas el "ralentí" para que el motor no se apague, en caldera nunca se va a pagar, queda latente la combustión en las brasas que siempre algo de aire de penetración parásito por debajo de la grilla por cierran no tan estancos, mantiene un muy baja combustión con pérdida de gases "sin quemar", una verdadera destilación de la madera,que si alguien abre una mirilla o boca de carga, lo más probable que provoque una explosión interna que expulsa una llama al exterior quemando a la persona que cometa el error, no es verdaderamente un explosión de hogar por falta de suficiente aire, oxígeno, que si llega a ocurrir será un tremenda y terrible explosión dada las grandes superficies que componen los tubos de hogar y sella la cámara junto con el "casing" o forro extero, para que no entre aire ni salgan gases al exterior).

Lograr que el operador cargue la caldera en "cadencias" cortas y no cargar demasiado cada vez en tiempos distantes (es tentador hacerlo, mate y "contada" de por medio) y evitar que la llama "penetre" en los tubos humo-tubulares y aún en las acuotubulares (que la llama no depenetrar en los bancos de tubos, de vaporización o del sobrecalentador, este último puede llegar a tener corrosión ácida con alta temperatura (el CO y los ácidos piloñosos de la llama en proceso de combustión atacan al metal del sobrecalentador).

Y bueno, no hay que tener dudas de ir a revisar nuetras calderas, tomar medidas, tando como pedir una inspección
oficial para que la responsabilidad no sea una carga para la empresa (alguien siempre es responsable) y contratando un "técnico que sepa"(esta es brava) para llevar acciones de protegerse del tema, que para mí puede ser tan grave como la "voladura" del cuerpo de presión de la caldera (si se dá el "efecto perverso" de la "fragilidad cáustica).

No está muerto quién pelea, pero los años pasan (lo dijo Sinatra y la quedó como todos la quedaremos).

Revisen sus calderas y tomen fotos del interior de la placas (con buena definición, iluminación o "flash"
potente para ir teniendo algo que no mienta, que son las fotos que no son trucadas.

DEBO HACER UNA ACLARACION RESPETO AL CALENTAMIENTO DE PLACAS EN CALDERAS HUMO-TUBULARES A BIOMASA.

1-Quedando claro que las placas no deben recalentar en la zona de la cámara de vapor, quedó en evidencia que a partir de la instauración de la regulación de aires y tiros _SOLO _ POR CONVERTIDORES DE FRECUENCIA.

2-Que frente a esta afirmación mía de decir "SOLO POR CONVERTIDORES" se refiere a que cuando se instalan la regulación de aires y tiros _SOLO_ POR CONVERTIDORES, NO SE CIERRA EL AIRE BAJO GRILLA AL A 0% (sigue abierto y entra aire por estar abierta la entrada de aire al ventilador del bajo grilla, solo está apagado el motor y esto ocurre a un 20% aprox. de la potencia de la caldera, pero como la presión sigue subiendo, aún apagando el tiro inducido, se obligó a poner un válvula de gases (persianas) que cierra por un pistón neumático que corta la circulación de los gases y con eso suponen que la combustión es

0%, pero como no es así, hay que dejar un pequeño venteo (sigue entrando aire bajo la grilla y terciarios), que no estan pequeño. para evitar los gases que escapan a la sala de calderas, y para mí en ese momento se produce la "post-combustión" que produce el calentamiento de placa en la zona de vapor.
3-Esto no significa que una caldera "sin convertidores" no tenga calentamiento de placas, depende de como es la regulación de aires y tiros, como está justada o como la opera el operador (foguista) cuando la caldera corta, porque si hay entradas aire bajo grilla, por dejar mal el ajuste o abertura por la válvula, o pérdidas con penetración de aire, por corrosión del casing del cenicero, o tapas del cenicero que no cierran bien, etc., TAMBIEN PUEDEN OCURRIR CALENTAMIENTO DE PLACAS POR "POST-COMBUSTION".

Lo que pasa, que las calderas a biomasa vivieron distintos ciclos de proliferación, en los 80 proliferaron y las regulaciones eran por persianas moduladas y se le daba mucha importancia a los ajustes de persianas y de operación de aires y tiros para que las calderas marcharan con un automatismo del 100% (solo el foguista controlaba la carga). Estas mismas calderas "murieron" en su mayoría por bajar el F. Oíl subsidiado por ANCAP, PERO NO HABIA CALENTAMIENTO DE PLACAS O ERAN
MUY RAROS.
A partir de la crisis del 2002 se vino otra oleda de calderas, pero ya los convertidores de frecuencia de los motores y su bajo costo, llevó a la utilización de los mismos para regular aires y tiros de las calderas, pero el impulso humano y la falta de experiencia (se perdieron varios años con los cambos y crisis, y se mandaron los "viejos" paras "las casas"), llevó a que las nuevas gerneraciones de técnicos vieran simple la regulación de aires y tiros (calderas nacionales e importadas de países vecinos), pusieran como regulación_ solo_ convertidores de frecuencia en aires y tiros, pero como la caldera seguía generando un cierto %, las autoridades obligaron a poner persianas de corte en tiros por medio de pistones, pero no pensaron en el aire que entraba por el bajo grilla (que solo tenía unas persianas de cierre manuales de seguridad, que nadie opera en cada vez que corta la caldera), lo que obligó a dejar un venteo en las persianas de los gases de chimenea (que antes era tan pequeño que no era capas de generar "post-combustiones").

En una palabra, pongan en mi boca lo que yo digo y no lo que se les ocurra para salvar intereses comerciales, aquí debemos preservar la seguridad, la vida humana, los bienes de las empresas, que nuestros

bolsillos, porque mareando a la gente no ganaremos nada. 9 años para lograr que las autoridades se interesen por el tema, ya es mucho tiempo.

Estimados, aunque parezca aburrido y tedioso, la vida humana está por encima de la porfía de los hombres.
Estoy desde 2005 alertando este problema (especialmente a los que cometen el error), pero parece que no pueden aceptar el origen de quién lo advierte. Calderas nacionales e importadas, en grave riesgo de "fragilidad cáustica" por el "efecto perverso" del "calentamiento de placa en la zona de la cámara de vapor (cuya temperatura no debe pasar de los 50ºF de la temperatura del vapor y este error lleva a la temperatura muy por encima de esto).
He hecho pruebas por observación, en que queda clarísimo que es por exceso de calor que las "manchas de calor" aperecen en estas placas que por un mal diseño del control de aires y tiros lleva a la "post-combustión'. Las prueba oculares, que fue en una misma caldera poner un escudo de calor (refractario o de acero inoxidable) dejó bien claro que a los pocos meses la manchas perdían su coloración. Pero insisten los que cometen el error que son "manchas químicas" (todas las manchas son químicas y la temperatura juega un roll muy importante).
Las demás pruebas, la única que me podía dar seguridad hasta cierto punto era la "réplica" de las superificies con la mancha comparada con las superficies sin manchas de la misma placa y en las cercanías. Al fin logré que una empresa lo hiciera y ya como dijo aquella canción brasilera: "de aquí nadie me saca, de aquí nadie me tira". Subiré un PDF mostrando las fotos de las superficies comparadas, a donde queda claro que sobre la mancha se forman "colonias" de perlita (manchas más oscuras que la ferrita) debido a que la temperatura en algunos momento pasa los 500ºC (la zona donde más se forma la perlita es entre los 500ºC y los 700ºC). O sea, estamos con temperaturas "super prohibidas" por la experiencia (y las normas) de lo que puede haber en la placa en la zona de vapor (donde nada menos están soldados los stays). Debajo de la superficie del nivel de agua, del lado gases pueden existir temperaturas cercanas a los 500ºC, pero el gran enfriamiento del agua (salvo que haya problemas de circulación, aislación por incrustaciones o barros) la placa del lado agua apenas está por encima de la temperatura del agua, del lado gases si la temperatura sube a valores más altos de los dichos, los tubos y la placa entre agujeros de tubos se fisuran (se van dar cuenta, pero no hay un peligro inmediato ni grande, he visto placas con más de 40 fisuras por error en los tratamientos, con la caldera casi nueva). Pero si se cortan los stays sobre base de la soldadura (como ha

ocurrido), despidanse de este mundo, es un tremenda explosión (salvo que agarre justo en una prueba hidráulica, pero es un milagro como ha ocurrido).
Repetiré este mail con la prueba ocular, porque realmente es muy convincente, ya que el sistema no me lo permite (400K nada más).
Creo que es hora de "bajar" el cogote y hacer algo, a Dios también se le agota la paciencia.l

----

Pondré las alternativas de lo que se puede hacer par enfrentar el problema del calentamiento o "post-combustión" que lo genera.

1- Nada, total son "bolazos" Thomasset y seguir jugando "a la placa de oro".

2-Poner un "escudo de calor" que me proteja de la fuente de calor que me calienta la placa (eso ya lo hemos hecho, puede ser de refractarios "colgado" de la misma placa del lado gases, frente a la mancha interna, o poner un "escudo" de acero inoxidable, una chapa de 4 mm. con una cámara entre la chapa y la placa de unos 40-80 mm soportadas por bulones
soldados de inox. de 1/2" a la placa (punteados) con las tuercas y contra-tuerca del lado de la chapa para desmontar la chapa cuando sea necesario por inspección del lado gases). Comento: a los 6 meses se observa el cambio de color de las manchas, "apagándose" los colores a medida que no reciben más sobre-calentamiento.

3-Ya siendo "más creyente" en los "bolazos", poner un válvulas de entrada de aire al ventilador bajo grilla (de mariposa, preferible de persianas) con un pistón neumático que cierre (lentamente y abra lentamente) la entrada de aire al apagar el ventilador de tiro inducido o al apagar en emergencia.

4-Ahora, si tomamos la "ostia" y somos incondicionales, poner la válvula a la entrada de aire al ventilador bajo grilla y en vez de un pistón

neumático (de cierre) poner un motor modulante que responda a la presión del vapor, de acuerdo a las necesidades de aire según la generación. Se puede combinar de varias maneras con el convertidor de frecuencia (en caso que el ventilador bajo grilla lo tenga) a-dejar el convertidor en forma manual, que por supuesto prenda y apague con la presión del vapor, pero las rpm del motor fijas en forma manual por el foguista, de manera de adecuar la respuesta y la capacidad de la caldera, la calidad y humedad de la biomasa (como si fuera un cambio en un vehículo). La ventaja que tiene esto, es que la variabilidad de la calidad de la biomasa puede ser muy extrema y el foguista si "sabe" de combustión a biomasa, puede ajustar muy bien a la mayor respuesta adecuada y al mejor rendimiento cuando le "agarre la mano a la caldera" y la biomasa.
b-Disponer que el convertidor del motor del ventilador de entrada de aire, siga automático y que actúe a partir aprox. del 70% de que el motor modulante de las persianas abra las mismas (esto se puede lograr con un plc o con un micro que habilite el contactor del convertidor conectado a las persianas) y bueno, habrá una serie de posibilidades, pero hay que recordar que el "automatismo" está al servicio de la combustión y no la combustión al servicio del automatismo.
Modulando las persianas de entrada de aire, creo que la combustión en muy baja carga mejora y por lo tanto baja la contaminación y aumenta al Eficiencia.

Bueno, parece que se viene un gran tormenta rumbo a Montevideo en pocas horas (desde el Oeste), amarren bien las calderas no sea que se la lleve el viento y el agua, era lo que faltaba.

Volviendo al tema "placas calientes" (en la zona de la cámara de vapor no debe haber "recalentamiento" de placa por ninguna razón, el vapor no es un buen "refrigerante", la placa puede con el calor llegar a un estado de deteriodo que la hace peligrosa para la contención de la presión, pero es suficiente un leve recalentamiento persistente para provocar el "efecto perverso" (nombre que he inventado por el mecanismo perverso de afectar en forma indirecta la formación de concentraciones de sales de agua de caldera en la base de los stays-placas y la posibilidad de provocar una "fragilidad cáustica" según sea la composición de dichas sales, accidente este que puede llegar a ser "terrible", ya que puede provocar la "explosión" del cuerpo de la caldera humo-tubular (como ya ha ocurrido con suerte que se detecto en

una prueba hidráulica y otro caso que estoy tratando que me den información que "borró la fábrica", matando y destruyendo más que una bomba).

Las placas pueden recalentar en la zona de vapor cuando se usan _solo variadores de frecuencia en la regulación de aires y tiros _(la palabra _solo _es fundamental su interpretación, *_significa que el variador cuando apaga el motor no cierra el aire de entrada _*(bajo grilla, secundarios, terciarios) y si cierra el tiro por una válvula de gases (mariposa o persianas) lo hace como una medida de emergencia (más que de
regulación, ya que al estar abierta las entradas de aires através de los ventiladores bajo grilla y otros, hay que dejar un "venteo" de gases para no inundar la sala de caldera de gases tóxicos y explosivos. ES DECIR, PERFECTAMENTE Y HASTA RECOMENDABLE ES EL USO DE CONVERTIDORES DE
FRECUENCIA, _PERO COMPLEMENTADO CON VALVULAS DE REGULACION DE AIRE (Y
TIROS) PREFERENTEMENTE MODULADAS, de manera de no dejar una zona
"muerta" de regulación entre la caldera "cortada" (apagada) y la puesta en marcha de los convertidores de frecuencia (que no son válvulas, solo cambian el impulso de aires y gases, pero no regulan la parte baja de manejo de aires y gases, la caldera queda como una caldera de "tiro natural"). _De una forma barata se pueden poner pistones neumáticos de cierre de aires (de tiro en general ya se tiene por reglamento, pero con un by-pass de gases), pero toda esta zona de baja carga de la combustión de la caldera será "ON-OFF" y esto significa :"perdidas" por gases no quemados por "arranques y paradas" (como como cualquier quemador). Bueno, estas válvulas de aire (primario, secundario y terciario) regulan el primer % de marcha y luego el conventidor regula el restante % hasta llegar al 100% o se puede dejar manual el convertidor (como si fuera el cambio de un auto, en que el foguista de acuerdo al tipo y calidad de leña, marcha, respuesta, etc,. le dá más potencia o menos a la entrada de aire, mientras que la válvula de aire regula el 100% de la entrada de aire (siempre cerrando totalmente al bajar la necesidad de la producción de vapor al mínimo o sea "cero". Las válvulas del tiro, serán de emergencia y si no hay pérdidas de entradas de aire (tapas ceniceros u otras entradas), su by-pass de gases será el mínimo posible (lo que la caldera "apagará" realmente la combustión al no tener entrada de aire ni casi salida de gases.

Pero hay otras causas que debemos investigar cuando veamos una placa recalentada en la zona de la cámara de vapor en una caldera humo-tubular. Generalmente esto puede ocurrir si se "perfora" un baffle o tabique de separación entre el primer pase de gases (que en 3 pases es desde el tubo del hogar a la caja de humo de la chimenea o sea la salida de gases del segundo pase de tubos, cuya temperatura de salida a chimenea es de unos 250ºC a 320ºC) o si la caldera es de 2 pases, se perfora el tabique que protege del calor la salida del primer pase o sea del tubo del hogar a la "zona muerta" de la placa en donde está la cámara de vapor (parte superior), ya que los gases de gases de los tubos del hogar en calderas de gases y F. Oíl por lo general van entre 850ºC y 1200ºC y en esta zona de la placa no hay salida de gases (solo a la entrada del primer y único pase de tubos) y en esta zona van soldados los stays en la cámara de vapor.
En calderas de biomasa humo-tubulares hay que revisar, porque también puede ocurrir lo que dijimos para gases y F. Oíl, con temperaturas levemente más bajas, pero aquí no hay que confundir con la "post-combustión", por lo que primero que hay que revisar es ver si no hay un rotura de bafles o tabiques, si no la hay que buscar el motivo en la "post-combustión", que puede ser posible.s
Algo muy importante, dejar claro que los calentamiento de placa se ven primero del lado de la cámara de agua- vapor y ya cuando se ven del lado de la caja de humos el tema es tremendo (hay mucha ceniza y hollín que disimula el recalentamiento leve).
Tambien, es de pensar que hay calderas que pueden tener "post-combustión" y _no tener reguladores de aires y tiros solo por convertidores. basta que la cadera no se le cierre el aire bajo grilla y se maneje con una valvula de gases en el tiro *(aunque es más difícil de que esto ocurra, ya que da "mucho trabajo" andar cerrando y abriendo una válvula de gases en el tiro (con un by-pass, sino no ocurre la "post-combustión"), ya que por lo general el operador "aburrido" de manipular la válvula de gases, solo apaga y prende el ventilador del tiro inducido (y no cierra el aire baja grilla, a lo sumo apaga el ventilador bajo grilla, maniobra que se hace primero).*_

Estimados, como alguna empresa me ha preguntado como es esto de la regulación de aires y tiros en caldera humo-tubulares a biomasa (en

en caso que estamos tratando), por supuesto desde mi punto de vista (que puede que no sea de los que "saben").
Podemos establecer varias etapas o categorías de regulación, según el tamaño, procedencia, etc. de caldera a biomasa.
Debemos partir de que hay dos cosas que deben ser nuestro punto de partida:

1-Que para que se formen gases combustibles (con combustión total o parcial) lo que debe haber es aire con contenido de oxígeno (en atmósfera al nivel del mar 21% de O2 por volumen o 23% por peso), pero pueden ser gases con con exceso de oxígeno que no haya reaccionado o haya sobrado, para que la combustión parcial o total ocurra. Por lo tanto, si yo quiero "apagar" una combustión a biomasa, debo dejar de suministrar oxígeno, por lo tanto, sea en forma normal de parada o parada de emergencia, lo que debo hacer es cerrar el aire que entra a la cámara de combustión (sea aire primario o sea bajo la grilla, y aire secundarios y terciarios que provienen de entradas sobre las grillas o aires "parásitos" de pérdidas de tapas de cenicero mal cerradas o con malas juntas de cierre o los mismos "casing" que por corrosión tengan aberturas por el que puede entrar aire (porque hay que recordar que la cámara de combustión en biomasa siempre tendrá una "depresión" o sea un valor negativo de presión con respeto a la atmósfera (de -3 mmca a -15 mmca) para evitar que los gases tóxicos y combustibles escapen por las pérdidas de la cámara de combustión o tapas de cajas de humo a la sala de caldera, haciendo el aire irrespirable, tóxico y con peligro de explosión.
De lo anterior se deduce el 2º punto: que es que el "tiro inducido" o "natural" (el que provoca la depresión en la cámara de combustión y por lo tanto en todo el circuito de la caldera) solo debe ser cerrado para "apagar" la combustión en última instancia (porque si sigue entrando aire la combustión o generación de gases sigue a medida que se le permite entrar esta combustión parcial, puro gases, y siempre entra algo de aire, ya que como genera un gas muy caliente, genera un "efecto chimenea" o "empuje" de los gases hacia las partes altas de la caldera, por dos causas siempre habrá una formación de gases si el aire entra, ya que hay pérdidas en cajas de humo, la necesidad de dejar una pequeña depresión en el hogar para que no se pierdan gases de combustión a la sala de calderas o el olvido de dejar alguna tapa de carga o mirillas o tapas abiertas.
En una palabra, para "apagar", no debe entrar aire, y como seguridad y para evitar un exceso de depresión que permita entradas de aire "parásitas" se deberá cerrar el tiro "natural" o "inducido". Si hay un problema en cerrar la entrada de aire, esta maniobra de cerrar los

tiros, es la única forma de frenar la combustión (pero habrá que dejar un pequeño venteo, esto significa una pérdida de gases combustibles, o sea biomasa que se desperdicia y además pienso que es el momento en que se producen "post-combustión" y con ello la posibilidad de provocar una calentamiento de placa en la zona de la cámara de vapor en contacto con los gases de la zona de "post-combustión".
De mi punto de vista, resumiendo, para "apagar" la biomasa sin pérdidas y en forma de no generar gases, cerrar los aires que puedan incidir en la combustión de la biomasa, para "apagar" por emergencia o seguridad, cerrar los "tiros" (pero no se pueden cerrar el 100% y aquí está el problema, "post-combustión" y pérdida de combustible por la chimenea y mucha contaminación en esos gases y que nadie se le ocurra prender un fósforo en la punta de la chimenea, porque hará una "super llama Olímpica".

Veamos algunos casos en forma resumida:
1-Tiro "natural". Por lo general son calderas pequeñas (muy usado en calderas verticales y calderas de calefacción de agua caliente). Aquí lo correcto es tener una regulación de entrada de aire (de regulación manual o por un termoregulador de palanca o similar, accioonado por la temperatura del agua en calefación o por la presión del vapor en calderas de vapor). El tiro "natural" tendrá una válvula de gases (generalmente mariposa) para regular la depresión del hogar de combustión y para "apagar" en emergencia o para paradas largas (para evitar la circulación de aire húmedo ambiente fuera de temporada que pueda provocar corrosión, aunque lo mejor es tapar el extremo de la chimenea con un "gorro" de lona o similar, cuidando mucho de volver a destapar para volver a poner en marcha en temporada.
2- En calderas más grandes, tanto humo-tubulares o acuo-tubulares, por lo general se utiliza el "tiro forzado" o "inducido", es decir que la depresión en el hogar la provoca la succión de un ventilador que soporte el calor y el ataque de los gases o en el caso de "inducido", más bien, se podría interpretar como un efecto "Venturi" o sea aire forzado que "induce" a los gases a salir y provocar una depresión o en el caso de las locomotoras es con vapor de la misma descarga de los émbolos o "pistones a vapor" que al descargar como no se aprovecha su condensado se utiliza para provocar la "inducción" de extracción de gases con un "Venturi" en la descarga de chimenea (lo vén claramente en la películas de cow-boy cuando las máquinas van a todo "trapo o vapor" o viendo la máquina de los "amigos del riel" en Uruguay a vapor (hace más de 20 años colaboré con sus tratamiento químicos, buscando una fórmula para evitar el peligro de la "fragilidad cáustica", ya que son calderas plagadas de

remaches y stays y eso las hace muy peligrosas).
Pero el tiro "forzado" o "inducido" podrá ir con entrada de aire "natural" o "forzado"
a-cuando la entrada es aire natural, le este se regula por medio de un "registro" de entrada de aire o produciendo mayor o menor depresión, en forma manual o automática, pero para apagar se cierran las entradas de aires (y cuidadosamente ceniceros y tapas de carga).
b-Cuando va impulsado el aire de combustión en forma "forzada", la combustión se regula manual o automática con la presión del vapor (subir la presión permitir más entrada de aire, bajar la presión cerrar el aire), pero apagar no alcanza con "apagar" el ventilador del "forzador" o ventilador de aire bajo grilla, secundarios y terciarios, se deben _cerrar todas sus entradas de aires, incluso asegurarse que no entre aire por otros elementos que comuniquen la cámara de combustión con la atmósfera. El tiro "forzado" o inducido, solo debe ser usado para mantener una depresión adecuada en la cámara de combustión, que no debe
ser mucha depresión porque aumenta las pérdidas parásitas por entradas inoportunas a la cámara de combustión, y que para "apagar" habrá un válvula de gases (de mariposa o persiana) es el que se utiliza en última instancia (ya que hay que dejar un pequeño venteo) o sea en emergencia o parada largas (se cierra por "muy alta presión, luego que apague primero el ventilador del "tiro forzado"). _Si no tiene la chimenea una válvula de mariposa o de persiana (ideal con motor modulado), con apagar el motor del ventilador no cerramos el "tiro natural" inevitable por la altura, temperatura de los gases y sección de la chimenea. Si cerramos esta válvula de gases, con solo apagar el ventilador "forzador de aire" o por lo general llamado "bajo grilla", deberíamos agregar el ventilador de aire terciario (sique entrando aire) y el ventilador del "tiro forzado" no cierra los gases, pero si "casi cerramos" los gases con una válvula de gases habrá un "apagado" a medias, la caldera sigue con cierta muy baja y muy mala combustión y con pérdidas de gases en chimenea, cuyo valor es importante y su contaminación imperdonable.

Como se verá, cualquiera que sea el sistema de ventiladores (con motores de rpm fijos o variables) es inevitable para "apagar" la combustión cerrar la entra de aire (bajo grilla y terciarios) y dejar el cierre del tiro de chimenea con válvula como un elemento de cierre por muy alta presión (que cierra por último y abre primero).

Ahora, debo aclarar, que el ventialdor "forzador de aire" (bajo grilla y

terciarios), deben de ir "enclavados" electricamente al ventilador del "inducido", es decir no deben de prender si no hay depresión en la cámara de combustión (esto vuelve positiva la presión de gases de toda la caldera, con una mezcla de aire y gases que pueden porovocar una "explosión de hogar" que puede ser tremenda). No he visto otro tipo de enclavamiento directo en calderas de biomasa, o sea que si las cámara de combustión tiene presión positiva de gases en su interior apague los vnetiladores de aire bajo grilla y terciarios. Este último efecto, que siga entrando aire primario o terciario, cuando la presión es positiva (no hay un mecanismo bloqueante de esta situación). Esta situación de no apagar los aires bajo grilla o terciarios, puede llevar a una explosión de hogar, ya que se produce una mezcla de aire, o sea O2, con gases de biomasa muy reactivos. Esto se puede ocurrir por algunas razones, si bien hay un enclavamiento eléctrico que se apaga el "tiro inducido" bloquea los motores del ventilador "bajo grilla" o "terciarios". como suponiendo que tenemos en algunas calderas a biomasa ciclones o multiciclones separadores de partículas en los gases, se pueda llegar a llenar de cenizas por fallas en la descarga y provocar que el "tiro inducido" no pueda extraer los gases, pero entra aire hasta cierto punto formando una mezcla explosiva capás de provocar una explosión de hogar (esta puede haber sido una de las causas del explosión de la caldera de Angol en Chile, aunque hay otras, pero nadie dice nada, hay que adivinar, lamentable).
Ahora, considero que cuando se usan convertidores de frecuencia para regular el aire y el tiro, que la solución de poner pistones neumáticos en vez de motores modulantes en las válvulas de "entrada" de aire o cierre de "tiro" no es la solución ideal, ya que habrá un cierto % de la caldera que se comportará "ON-OFF", lo que significa una cierta pérdida (lo barato sale caro).

Estimados, vivo este tema desde el 2005, llamando la atención a los responsables de las instalaciones y a quienes las hacen, con muy poco resultado de "razonar" y buscar soluciones al "porqué se produce el calentamiento de placa" (ya no hablemos del "efecto perverso", el efecto secundario del calentamiento que es capas de producir las condiciones de "fragilidad cáustica" en la base de unión de los stays a las placas).
Solo he logrado que algunos afectados hagan el "remiendo" de proteger a la placa en la zona problema poniendo "escudos de calor, sean refractarios o una cámara de separación con un tabique de inoxidable (en

ambos casos las manchas a los 6 meses ya se notan que se "apagan" los colores).
En el PDF sobre "post-combustión", de mi cuaderno de bitácora de calderas, divulgado ya antes del 2010 estoy diciendo por que pasa la "post-combustión" (una combustión secundaria en las cajas de humos y ductos, de produción transitoria y no estable, pero suficiente de recalentar una placa en las calderas humo-tubulares de biomasa y aún en ductos de tiros que han llevado a su destrucción de los tiros en caso de los gasógenos. Este PDF ("POST-COMBUSTION") lo pueden bajar en este mismo Foro en :
energiaenuruguay.com/pipermail/gesp...com/.../attachment.pdf. Como verán en el 2010 ya digo en que momento y porqué se produce esa "post-combustion", este momento ocurre a partir de dos cosas que empiezan a suceder, la implementación de la regulación de los aires y tiros solo por convertidores en quema directa, en la cual tanto el aire bajo grilla comandado por la presión de vapor, si baja la presión más rpm en ventilador bajo grilla impulsando más aire, pero cuando la presión sube hasta casi el valor de corte, el motor es apagado por el convertidor a unas bajas rpm (15%-20%) para que no recaliente el motor, pero resulta que nadie prevee que el bajo grilla "queda abierto" y el aire pasa por la entrada de aire (que solo tiene una válvula de aire de persianas o similar de acción manual para emergencias, en una palabra, hay una zona de muy baja carga que el aire no modula ni cierra, entra aire según sea el tiro, si el ventilador del tiro sigue prendido a muy bajas rpm o si el ventilador del tiro es apagado a unas bajas rpm (digamos entre un 15% a un 20% de las rpm, para que el motor no recaliente), el mismo es comandado para mantener la depresión en la cámara de combustión, aquí tampoco hay una regulación del tiro de 0% hasta ese 15% a 20% que terminaría apagando la caldera si la presión llega llega al máximo, pero queda el "tiro natural" de chimenea, porque no cierra la válvula o persiana de gases, salvo como digo en lo siguiente. Se había instalado, también una válvula de gases que se cerraría a mano en caso de una emergencia o por muy alta presión que hagan "saltar" las válvulas de seguridad. En una palabra, la caldera sigue generando porque entra aire bajo grilla y salen gases por la chimenea, este % de generación es un problema porque la caldera no baja a cero o muy bajas cargas de producción de vapor y este es el momento en que puede complicar que salten las válvulas de seguridad al no haber consumo de vapor.
Alguien de los jovenes ingenieros responsable de las calderas, sean privados o de lo controles del Estado (que obligaron a hacerlo), dijeron, hay que poner un pistón nuemático que cierre el tiro inducido

por muy alta presión (es decir, cuando el tiro está apagado y la presión sigue subiendo). Todos los "viejos" la teníamos claro, fuimos los impulsores del uso de la biomasa desde los años 70 y como somos "viejos" desoidos por estos jóvenes iluminados por internet. Para apagar una caldera hay que cerrar las entradas de aire bajo grilla y todas la filtraciones de aire la cámara de combustión (no importa si los gases queden sin cerrar en la chimenea, se cierran por precaución si hay una tapa de cenicero dejada abierta o en mal estado permite entrada de aire indeseable o si se "tranca" el cierre de la válvula de aire bajo grilla, pero nunca el "apagado" virtual de la caldera se hizo en base al cerrar los gases de chimenea.

Ahora que pasó? Lo que tenía que pasar! Cuando se dió la orden u ordenanza que todos los tiros inducidos debían cerrar los gases de chimenea con las válvulas de gases dispuestas ya para emergencias (por medio de pistón que cerrada totalmente el pasaje de los gases y aquí surge el primer grave problema). AL CERRAR TOTALMENTE LOS GASES DE

CHIMENEA Y PERMANECER ABIERTO LA ENTRADA DEL AIRE BAJO GRILLA, SE PRODUCE UN EMPUJE DE COMBUSTION Y DE GASES DESTILADOS QUE CON EL EFECTO CHIMENEA EMPIEZAN A PROVOCAR PERDIDAS DE GASES A LA SALA DE CALDERAS, LO QUE HACE NO SOLO PELIGROSO EL AIRE DE LAS SALAS DE CALDERAS (INTOXICACIONES Y EXPLOSIONES DE AMBIENTE), SINO QUE ES IRRESPIRABLE. LA SOLUCION AL PROBLEMA SE BUSCO EN DEJAR UN LUZ (APERTURA) SUFICIENTE EN LA VALVULA Y PERSIANA DE TIRO PARA QUE EVACUARA ESOS GASES A LA CHIMENA (LA CALDERA YA NO SERIA COMBUSTION CERO, HABRIA UNA CIERTA COMBUSTION, RESPONSABLE PARA MI DE LA "POST-COMBUSTION" Y DE QUE LA CALDERA NO APAGARA TOTALMENTE.

Claro, esta disposición de cerrar el tiro inducido sin importar que cerrada el aire bajo grilla, GENERO CONDICIONES DE GASES RICOS Y POBRES, QUE SI SE MEZCLAN NUEVAMENTE EN LAS CAMARAS DE HUMO O DUCTOS PUEDEN VOLVER A ENTRAR EN COMBUSTION, LO QUE HE LLAMADO "POST-COMBUSTION", PARA MI RESPONSABLE DEL CALENTAMIENTO DE PLACA.

Yo me pregunto, que es más importante, dejar que un "viejo" no tenga razón o solucionar un grave problema que puede llevarnos a un accidente gravísimo. En vez de andar discutiendo si tengo o no tengo razón, no será mejor dejarse de cabildeos y probar de que en una caldera problema se haga que el bajo grilla cierre cuando el motor del ventilador bajo grilla apaga (en forma modulada toda esta etapa entre el 0% y el aprox. 15% que me supongo que la caldera no tiene regulación de entrada a

aire). Esperar 6 meses o un poco más y ver que pasa. Creo que no cuesta mucho y si tengo razón (que para mí la tengo, nunca en 30 y pico de años había pasado esto, y siempre el bajo grilla cerraba el 0%, para nosotros era fundamental.
Espero que a quienes corresponde tomar desiciones al respecto, hagan algo, ya es demasiado tiempo esperando y algo terrible puede pasar. Y espero que aquellas autoridades que hasta fotos les sacan a las placas recalentadas por lo menos hagan una observación de que ven algo que no son capaces de explicar, ya que ignorándo el problema no llegaremos a nada.

Saludos y pido disculpas a los que no les interese el tema.....

Yo quisiera puntualizar lo siguiente:

1-Las placas en calderas humo-tubulares no deben sobrecalentar y menos en zonas que no hay agua para su refrigeración como la zona superior en donde está la cámara de vapor (el sentido común y de la observación es que el tapón fusible es de estaño que funde a los 230ºC y se encuentra en la zona de bajo del nivel del agua, o sea la placa en la zona de vapor podrá tener unos 50ºF (28ºC) por encima de la temperatura de agua-vapor.

2-Las manchas de calor por "post-combustión" se producen tanto en calderas con regulación "solo" por convertidores de frecuencia (sin cerrar el bajo grilla que controla el aire a bajar la producción de vapor por debajo del valor que cierra si se apaga el convertidore del ventilador bajo grilla (de un 15% a un 20% de la potencia de la caldera), que si sigue subiendo la presión la caldera hasta que corta por muy alta presión con el convertidor de tiro apagado por el tiro natural, con el cierre de las persianas del tiros que cierran por un pistón (que hay que dejar un "venteo" para poder "tirar" al aire los gases a medio quemar por tener el bajo grilla abierto (como si fuera una caldera de tiro natural) o de lo contrario se llena la sala de caldera de humos y gases contaminantes y explosivos.
Una caldera "sin convertidores", que puede tener regulación total modulada por persianas de 0% a 100% (lo ideal) o no tener persianas moduladas y ser operadas manualmente. Todos los sistemas tienen a parecerse en muy baja carga cuando el "casing" está perforado por corrosión, las tapas de cenizas no cierran, las persianas no cierran bien o el operador no cierra el bajo grilla (entrada de aire) al "cortar" la

caldera por baja carga que lleva una alta presión. Con esto quiero decir que hay calderas sin convertidores que también producen "post-combustión".

3-La "post-combustión" ocurre porque tenemos gases combustibles en alguna caja de humo y tenemos
suficiente oxígeno (que puede venir en la propia vena de gases a "medio quemar" por entrar en los tubos humo-tubulares y apagarse por enfriamiento y velocidad.
Entonces cuales son los momentos ideales para la "post-combustión", especialmente en quema-directa, si los únicos momentos que tengo gases "sin quemar (como CO u otros) es cuando entra aire y no hay suficiente efecto de mezcla, que ocurre cuando se deja abierto el bajo grilla y el tiro se achica a un valor que no logra la combustión completa (todas las calderas a biomasa de cierta importancia debieran tener la medida graficada en gases de chimenea de CO o gases no quemados, algo que siempre pregoné, pero solo se ponen medidores de O2, medida muy incompleta por si sola). El otro momento que se produce la "post-combustión" es cuando la caldera se carga dejando mucho tiempo entre una carga y otra de rolos y el operador para hacer estas "sobrecarga" los rolos, produciendo llamas muy largas por varios minutos por efecto de "destilación de la madera (10-15 minutos) que si llegan a los tubos humo-tubulares se apagan y producen gases sin "quemar" que pueden volver a quemarse en las caja de humo y hasta ductos y ventiladores, por lo general en estos casos las calderas produce mayor ensuciamiento por la aglomeración de cenizas en las entradas de los tubos (cerrando los mismos al pasaje de los gases).
La vida de la chimenea, ductos y ventiladores de tiro inducido, si estos problemas existen, duran
menos por la alta corrosión provocada por los gases sin quemar (ácidos piroleñosos).
O sea, que por observación de llama, se pueden sacar conclusiones de este último problema, pero hay que considerar que hay una llama no visible que necesita unos metros antes entrar en los tubos para lograr la combustión completa (en calderas con tubos de hogar la llama no debería pasas de la mitad del tubo del hogar, en las calderas sin tubos de hogar lograr esto es un problema y por esto el gran problema de ensucimiento que tienen estas calderas que hay que limpiarlas más seguido. Y pensar que grandes calderas a biomasa ni siquiera le han puesto un "humilde" visor para observar el comportamiento de la llama.

4-Que por sobre-calentemiento por "postp-combustión" no se destruirán rapidamente las placas, esto varía a muchas causas, incluso al tipo de soldadura placa-envuelta. Pero las condiciones químicas del agua de caldera si no prevee la posibilidad de la "fragilidad cáustica" (bajar el contenido de sodio y con ello el PH y utilizar productos "antifragilizantes" como el sulfito, el tanino, etc. ya que se puede producir por condución de calor de la placa a los stays (lo que he llamado "efecto perverso", por su silenciosa posibilidad e ignorancia de la mayoría que la química no la tienen en mente y ni los que hacen tratamiento han hecho o avisado que algo puede pasar, han ignorado las manchas o no miran adentro de las calderas como corresponde anualmente y hasta semestralmente) y llevarlos al concentrar las sales del agua de caldera en la zona de vapor a valores de "fragiliad cáustica" (la cámara de vapor de una caldera a biomsasa humo-tubular y si no tiene tubo de hogar de combustión más, tiene a contener "gotas" de agua en la circulación violenta de los tubos de desahogo de las capillas delanteras, como si fueran verdaderos bombardeo de gotas contra las placas).

5-Si el bajo grilla "cierra" bien el aire al bajar a cero la producción de vapor o en muy bajas cargas va cerrando y produciendo menor combustión, que es el camino "lógico", cerrar la entrada de aire y evitar las penetraciones parásitas (pasa en los motores con carburador, la mariposa cierra el aire hasta casi cero o seas el "ralentí" para que el motor no se apague, en caldera nunca se va a pagar, queda latente la combustión en las brasas que siempre algo de aire de penetración parásito por debajo de la grilla por cierran no tan estancos, mantiene un muy baja combustión con pérdida de gases "sin quemar", una verdadera destilación de la madera,que si alguien abre una mirilla o boca de carga, lo más probable que provoque una explosión interna que expulsa una llama al exterior quemando a la persona que cometa el error, no es verdaderamente un explosión de hogar por falta de suficiente aire, oxígeno, que si llega a ocurrir será un tremenda y terrible explosión dada las grandes superficies que componen los tubos de hogar y sella la cámara junto con el "casing" o forro extero, para queno entre aire ni salgan gases al exterior).
Lograr que el operador cargue la caldera en "cadencias" cortas y no cargar demasiado cada vez en tiempos distantes (es tentador hacerlo, mate y "contada" de por medio) y evitar que la llama "penetre" en los tubos humo-tubulares y aún en las acuotubulares (que la llama no depenetrar en los bancos de tubos, de vaporización o del sobrecalentador, este último puede llegar a tener corrosión ácida con alta temperatura (el CO y los ácidos piloñosos de la llama en proceso de combustión atacan al metal del sobrecalentador).

Y bueno, no hay que tener dudas de ir a revisar nuetras calderas, tomar medidas, tando como pedir una inspección oficial para que la responsabilidad no sea una carga para la empresa (alguien siempre es responsable) y contratando un "técnico que sepa"(esta es brava) para llevar acciones de protegerse del tema, que para mí puede ser tan grave como la "voladura" del cuerpo de presión de la caldera (si se dá el "efecto perverso" de la "fragilidad cáustica).

No está muerto quién pelea, pero los años pasan (lo dijo Sinatra y la quedó como todos la quedaremos).

Revisen sus calderas y tomen fotos del interior de la placas (con buena definición, iluminación o "flash" potente para ir teniendo algo que no mienta, que son las fotos que no son trucadas.

DEBO HACER UNA ACLARACION RESPETO AL CALENTAMIENTO DE PLACAS EN CALDERAS
HUMO-TUBULARES A BIOMASA.
1-Quedando claro que las placas no deben recalentar en la zona de la cámara de vapor, quedó en evidencia que a partir de la instauración de la regulación de aires y tiros _SOLO _ POR CONVERTIDORES DE FRECUENCIA.

2-Que frente a esta afirmación mía de decir "SOLO POR CONVERTIDORES" se
refiere a que cuando se instalan la regulación de aires y tiros _SOLO_ POR CONVERTIDORES, NO SE CIERRA EL AIRE BAJO GRILLA AL A 0% (sigue abierto y entra aire por estar abierta la entrada de aire al ventilador del bajo grilla, solo está apagado el motor y esto ocurre a un 20% aprox. de la potencia de la caldera, pero como la presión sigue subiendo, aún apagando el tiro inducido, se obligó a poner un válvula de gases (persianas) que cierra por un pistón neumático que corta la circulación de los gases y con eso suponen que la combustión es 0%, pero como no es así, hay que dejar un pequeño venteo (sigue entrando aire bajo la grilla y terciarios), que no estan pequeño. para evitar los gases que escapan a la sala de calderas, y para mí en ese momento se produce la "post-combustión" que produce el calentamiento de placa en la zona de vapor.
3-Esto no significa que una caldera "sin convertidores" no tenga

calentamiento de placas, depende de como es la regulación de aires y tiros, como está justada o como la opera el operador (foguista) cuando la caldera corta, porque si hay entradas aire bajo grilla, por dejar mal el ajuste o abertura por la válvula, o pérdidas con penetración de aire, por corrosión del casing del cenicero, o tapas del cenicero que no cierran bien, etc., TAMBIEN PUEDEN OCURRIR CALENTAMIENTO DE PLACAS POR "POST-COMBUSTION".

Lo que pasa, que las calderas a biomasa vivieron distintos ciclos de proliferación, en los 80 proliferaron y las regulaciones eran por persianas moduladas y se le daba mucha importancia a los ajustes de persianas y de operación de aires y tiros para que las calderas marcharan con un automatismo del 100% (solo el foguista controlaba la carga). Estas mismas calderas "murieron" en su mayoría por bajar el F. Oíl subsidiado por ANCAP, PERO NO HABIA CALENTAMIENTO DE PLACAS O ERAN MUY RAROS.
A partir de la crisis del 2002 se vino otra oleda de calderas, pero ya los convertidores de frecuencia de los motores y su bajo costo, llevó a la utilización de los mismos para regular aires y tiros de las calderas, pero el impulso humano y la falta de experiencia (se perdieron varios años con los cambos y crisis, y se mandaron los "viejos" paras "las casas"), llevó a que las nuevas gerneraciones de técnicos vieran simple la regulación de aires y tiros (calderas nacionales e importadas de países vecinos), pusieran como regulación_ solo_ convertidores de frecuencia en aires y tiros, pero como la caldera seguía generando un cierto %, las autoridades obligaron a poner persianas de corte en tiros por medio de pistones, pero no pensaron en el aire que entraba por el bajo grilla (que solo tenía unas persianas de cierre manuales de seguridad, que nadie opera en cada vez que corta la caldera), lo que obligó a dejar un venteo en las persianas de los gases de chimenea (que antes era tan pequeño que no era capas de generar "post-combustiones").

Va la prueba por observación de calentamiento de placa, la caldera tenía las dos placas recalentadas en la zona de vapor, aislamos una (escudo de inoxidable este caso) y a los meses vimos que las manchas "aisladas" del lado gases perdieron el color.

Estimados, aunque parezca aburrido y tedioso, la vida humana está por encima de la porfía de los hombres.
Estoy desde 2005 alertando este problema (especialmente a los que

cometen el error), pero parece que no pueden aceptar el origen de quién lo advierte. Calderas nacionales e importadas, en grave riesgo de "fragilidad cáustica" por el "efecto perverso" del "calentamiento de placa en la zona de la cámara de vapor (cuya temperatura no debe pasar de los 50ºF de la temperatura del vapor y este error lleva a la temperatura muy por encima de esto).
He hecho pruebas por observación, en que queda clarísimo que es por exceso de calor que las "manchas de calor" aperecen en estas placas que por un mal diseño del control de aires y tiros lleva a la "post-combustión'. Las prueba oculares, que fue en una misma caldera poner un escudo de calor (refractario o de acero inoxidable) dejó bien claro que a los pocos meses la manchas perdían su coloración. Pero insisten los que cometen el error que son "manchas químicas" (todas las manchas son químicas y la temperatura juega un roll muy importante). Las demás pruebas, la única que me podía dar seguridad hasta cierto punto era la "réplica" de las superificies con la mancha comparada con las superficies sin manchas de la misma placa y en las cercanías. Al fin logré que una empresa lo hiciera y ya como dijo aquella canción brasilera: "de aquí nadie me saca, de aquí nadie me tira". Subiré un PDF mostrando las fotos de las superficies comparadas, a donde queda claro que sobre la mancha se forman "colonias" de perlita (manchas más oscuras
que la ferrita) debido a que la temperatura en algunos momento pasa los 500ºC (la zona donde más se forma la perlita es entre los 500ºC y los 700ºC). O sea, estamos con temperaturas "super prohibidas" por la experiencia (y las normas) de lo que puede haber en la placa en la zona de vapor (donde nada menos están soldados los stays). Debajo de la superficie del nivel de agua, del lado gases pueden existir temperaturas cercanas a los 500ºC, pero el gran enfriamiento del agua (salvo que haya problemas de circulación, aislación por incrustaciones o barros) la placa del lado agua apenas está por encima de la temperatura del agua, del lado gases si la temperatura sube a valores más altos de los dichos, los tubos y la placa entre agujeros de tubos se fisuran (se van dar cuenta, pero no hay un peligro inmediato ni grande, he visto placas con más de 40 fisuras por error en los tratamientos, con la caldera casi nueva). Pero si se cortan los stays sobre base de la soldadura (como ha ocurrido), despidanse de este mundo, es un tremenda explosión (salvo que agarre justo en una prueba hidráulica, pero es un milagro como ha ocurrido).



Volviendo al tema "placas calientes" (en la zona de la cámara de vapor no debe haber "recalentamiento" de placa por ninguna razón, el vapor no es un buen "refrigerante", la placa puede con el calor llegar a un estado de deteriodo que la hace peligrosa para la contención de la presión, pero es suficiente un leve recalentamiento persistente para provocar el "efecto perverso" (nombre que he inventado por el mecanismo perverso de afectar en forma indirecta la formación de concentraciones de sales de agua de caldera en la base de los stays-placas y la posibilidad de provocar una "fragilidad cáustica" según sea la composición de dichas sales, accidente este que puede llegar a ser "terrible", ya que puede provocar la "explosión" del cuerpo de la caldera humo-tubular (como ya ha ocurrido con suerte que se detecto en

una prueba hidráulica y otro caso que estoy tratando que me den información que "borró la fábrica", matando y destruyendo más que una bomba).

Las placas pueden recalentar en la zona de vapor cuando se usan _solo variadores de frecuencia en la regulación de aires y tiros _(la palabra _solo _es fundamental su interpretación, *_significa que el variador cuando apaga el motor no cierra el aire de entrada _*(bajo grilla, secundarios, terciarios) y si cierra el tiro por una válvula de gases (mariposa o persianas) lo hace como una medida de emergencia (más que de regulación, ya que al estar abierta las entradas de aires através de los ventiladores bajo grilla y otros, hay que dejar un "venteo" de gases para no inundar la sala de caldera de gases tóxicos y explosivos. ES DECIR, PERFECTAMENTE Y HASTA RECOMENDABLE ES EL USO DE CONVERTIDORES DE FRECUENCIA, _PERO COMPLEMENTADO CON VALVULAS DE REGULACION DE AIRE (Y TIROS) PREFERENTEMENTE MODULADAS, de manera de no dejar una zona "muerta" de regulación entre la caldera "cortada" (apagada) y la puesta en marcha de los convertidores de frecuencia (que no son válvulas, solo cambian el impulso de aires y gases, pero no regulan la parte baja de manejo de aires y gases, la caldera queda como una caldera de "tiro natural"). _De una forma barata se pueden poner pistones neumáticos de cierre de aires (de tiro en general ya se tiene por reglamento, pero con un by-pass de gases), pero toda esta zona de baja carga de la combustión de la caldera será "ON-OFF" y esto significa :"perdidas" por gases no quemados por "arranques y paradas" (como como cualquier quemador).
Bueno, estas válvulas de aire (primario, secundario y terciario) regulan el primer % de marcha y luego el conventidor regula el restante % hasta llegar al 100% o se puede dejar manual el convertidor (como si fuera el cambio de un auto, en que el foguista de acuerdo al tipo y calidad de leña, marcha, respuesta, etc,. le dá más potencia o menos a la entrada de aire, mientras que la válvula de aire regula el 100% de la entrada de aire (siempre cerrando totalmente al bajar la necesidad de la producción de vapor al mínimo o sea "cero". Las válvulas del tiro, serán de emergencia y si no hay pérdidas de entradas de aire (tapas ceniceros u otras entradas), su by-pass de gases será el mínimo posible (lo que la caldera "apagará" realmente la combustión al no tener entrada de aire ni casi salida de gases.

Pero hay otras causas que debemos investigar cuando veamos una placa recalentada en la zona de la cámara de vapor en una caldera humo-tubular. Generalmente esto puede ocurrir si se "perfora" un baffle

o tabique de separación entre el primer pase de gases (que en 3 pases es desde el tubo del hogar a la caja de humo de la chimenea o sea la salida de gases del segundo pase de tubos, cuya temperatura de salida a chimenea es de unos 250ºC a 320ºC) o si la caldera es de 2 pases, se perfora el tabique que protege del calor la salida del primer pase o sea del tubo del hogar a la "zona muerta" de la placa en donde está la cámara de vapor (parte superior), ya que los gases de gases de los tubos del hogar en calderas de gases y F. Oíl por lo general van entre 850ºC y 1200ºC y en esta zona de la placa no hay salida de gases (solo a la entrada del primer y único pase de tubos) y en esta zona van soldados los stays en la cámara de vapor.
En calderas de biomasa humo-tubulares hay que revisar, porque también puede ocurrir lo que dijimos para gases y F. Oíl, con temperaturas levemente más bajas, pero aquí no hay que confundir con la "post-combustión", por lo que primero que hay que revisar es ver si no hay un rotura de bafles o tabiques, si no la hay que buscar el motivo en la "post-combustión", que puede ser posible.s
Algo muy importante, dejar claro que los calentamiento de placa se ven primero del lado de la cámara de agua- vapor y ya cuando se ven del lado de la caja de humos el tema es tremendo (hay mucha ceniza y hollín que disimula el recalentamiento leve).
Tambien, es de pensar que hay calderas que pueden tener "post-combustión" y _no tener reguladores de aires y tiros solo por convertidores. basta que la cadera no se le cierre el aire bajo grilla y se maneje con una valvula de gases en el tiro *(aunque es más difícil de que esto ocurra, ya que da "mucho trabajo" andar cerrando y abriendo una válvula de gases en el tiro (con un by-pass, sino no ocurre la "post-combustión"), ya que por lo general el operador "aburrido" de manipular la válvula de gases, solo apaga y prende el ventilador del tiro inducido (y no cierra el aire baja grilla, a lo sumo apaga el ventilador bajo grilla, maniobra que se hace primero).*_

Bueno, esto parece una pesadilla, estoy esperando la "muerte del mensajero", lo más cómodo que aceptar una razón.

Estimados, como alguna empresa me ha preguntado como es esto de la regulación de aires y tiros en caldera humo-tubulares a biomasa (en en este caso que estamos tratando), por supuesto desde mi punto de vista (que puede que no sea de los que "saben").
Podemos establecer varias etapas o categorías de regulación, según el

tamaño, procedencia, etc. de caldera a biomasa.
Debemos partir de que hay dos cosas que deben ser nuestro punto de partida:

1-Que para que se formen gases combustibles (con combustión total o parcial) lo que debe haber es aire con contenido de oxígeno (en atmósfera al nivel del mar 21% de O2 por volumen o 23% por peso), pero pueden ser gases con con exceso de oxígeno que no haya reaccionado o haya sobrado, para que la combustión parcial o total ocurra. Por lo tanto, si yo quiero "apagar" una combustión a biomasa, debo dejar de suministrar oxígeno, por lo tanto, sea en forma normal de parada o parada de emergencia, lo que debo hacer es cerrar el aire que entra a la cámara de combustión (sea aire primario o sea bajo la grilla, y aire secundarios y terciarios que provienen de entradas sobre las grillas o aires "parásitos" de pérdidas de tapas de cenicero mal cerradas o con malas juntas de cierre o los mismos "casing" que por corrosión tengan aberturas por el que puede entrar aire (porque hay que recordar que la cámara de combustión en biomasa siempre tendrá una "depresión" o sea un valor negativo de presión con respeto a la atmósfera (de -3 mmca a -15 mmca) para evitar que los gases tóxicos y combustibles escapen por las pérdidas de la cámara de combustión o tapas de cajas de humo a la sala de caldera, haciendo el aire irrespirable, tóxico y con peligro de explosión.
De lo anterior se deduce el 2º punto: que es que el "tiro inducido" o "natural" (el que provoca la depresión en la cámara de combustión y por lo tanto en todo el circuito de la caldera) solo debe ser cerrado para "apagar" la combustión en última instancia (porque si sigue entrando aire la combustión o generación de gases sigue a medida que se le permite entrar esta combustión parcial, puro gases, y siempre entra algo de aire, ya que como genera un gas muy caliente, genera un "efecto chimenea" o "empuje" de los gases hacia las partes altas de la caldera, por dos causas siempre habrá una formación de gases si el aire entra, ya que hay pérdidas en cajas de humo, la necesidad de dejar una pequeña depresión en el hogar para que no se pierdan gases de combustión a la sala de calderas o el olvido de dejar alguna tapa de carga o mirillas o tapas abiertas.
En una palabra, para "apagar", no debe entrar aire, y como seguridad y para evitar un exceso de depresión que permita entradas de aire "parásitas" se deberá cerrar el tiro "natural" o "inducido". Si hay un problema en cerrar la entrada de aire, esta maniobra de cerrar los tiros, es la única forma de frenar la combustión (pero habrá que dejar un pequeño venteo, esto significa una pérdida de gases combustibles, o sea biomasa que se desperdicia y además pienso que es el momento en que se producen "post-combustión" y con ello la posibilidad de provocar una

calentamiento de placa en la zona de la cámara de vapor en contacto con los gases de la zona de "post-combustión".
De mi punto de vista, resumiendo, para "apagar" la biomasa sin pérdidas y en forma de no generar gases, cerrar los aires que puedan incidir en la combustión de la biomasa, para "apagar" por emergencia o seguridad, cerrar los "tiros" (pero no se pueden cerrar el 100% y aquí está el problema, "post-combustión" y pérdida de combustible por la chimenea y mucha contaminación en esos gases y que nadie se le ocurra prender un fósforo en la punta de la chimenea, porque hará una "super llama Olímpica".

Veamos algunos casos en forma resumida:
1-Tiro "natural". Por lo general son calderas pequeñas (muy usado en calderas verticales y calderas de calefacción de agua caliente). Aquí lo correcto es tener una regulación de entrada de aire (de regulación manual o por un termoregulador de palanca o similar, accioonado por la temperatura del agua en calefación o por la presión del vapor en calderas de vapor). El tiro "natural" tendrá una válvula de gases (generalmente mariposa) para regular la depresión del hogar de combustión y para "apagar" en emergencia o para paradas largas (para evitar la circulación de aire húmedo ambiente fuera de temporada que pueda provocar corrosión, aunque lo mejor es tapar el extremo de la chimenea con un "gorro" de lona o similar, cuidando mucho de volver a destapar para volver a poner en marcha en temporada.
2- En calderas más grandes, tanto humo-tubulares o acuo-tubulares, por lo general se utiliza el "tiro forzado" o "inducido", es decir que la depresión en el hogar la provoca la succión de un ventilador que soporte el calor y el ataque de los gases o en el caso de "inducido", más bien, se podría interpretar como un efecto "Venturi" o sea aire forzado que "induce" a los gases a salir y provocar una depresión o en el caso de las locomotoras es con vapor de la misma descarga de los émbolos o "pistones a vapor" que al descargar como no se aprovecha su condensado se utiliza para provocar la "inducción" de extracción de gases con un "Venturi" en la descarga de chimenea (lo vén claramente en la películas de cow-boy cuando las máquinas van a todo "trapo o vapor" o viendo la máquina de los "amigos del riel" en Uruguay a vapor (hace más de 20 años colaboré con sus tratamiento químicos, buscando una fórmula para evitar el peligro de la "fragilidad cáustica", ya que son calderas plagadas de remaches y stays y eso las hace muy peligrosas).
Pero el tiro "forzado" o "inducido" podrá ir con entrada de aire "natural" o "forzado"
a-cuando la entrada es aire natural, le este se regula por medio de un

"registro" de entrada de aire o produciendo mayor o menor depresión, en forma manual o automática, pero para apagar se cierran las entradas de aires (y cuidadosamente ceniceros y tapas de carga).
b-Cuando va impulsado el aire de combustión en forma "forzada", la combustión se regula manual o automática con la presión del vapor (subir la presión permitir más entrada de aire, bajar la presión cerrar el aire), pero apagar no alcanza con "apagar" el ventilador del "forzador" o ventilador de aire bajo grilla, secundarios y terciarios, se deben _cerrar todas sus entradas de aires, incluso asegurarse que no entre aire por otros elementos que comuniquen la cámara de combustión con la atmósfera. El tiro "forzado" o inducido, solo debe ser usado para mantener una depresión adecuada en la cámara de combustión, que no debe ser mucha depresión porque aumenta las pérdidas parásitas por entradas inoportunas a la cámara de combustión, y que para "apagar" habrá un válvula de gases (de mariposa o persiana) es el que se utiliza en última instancia (ya que hay que dejar un pequeño venteo) o sea en emergencia o parada largas (se cierra por "muy alta presión, luego que apague primero el ventilador del "tiro forzado"). _Si no tiene la chimenea una válvula de mariposa o de persiana (ideal con motor modulado), con apagar el motor del ventilador no cerramos el "tiro natural" inevitable por la altura, temperatura de los gases y sección de la chimenea. Si cerramos esta válvula de gases, con solo apagar el ventilador "forzador de aire" o por lo general llamado "bajo grilla", deberíamos agregar el ventilador de aire terciario (sique entrando aire) y el ventilador del "tiro forzado" no cierra los gases, pero si "casi cerramos" los gases con una válvula de gases habrá un "apagado" a medias, la caldera sigue con cierta muy baja y muy mala combustión y con pérdidas de gases en chimenea, cuyo valor es importante y su contaminación imperdonable.

Como se verá, cualquiera que sea el sistema de ventiladores (con motores de rpm fijos o variables) es inevitable para "apagar" la combustión cerrar la entra de aire (bajo grilla y terciarios) y dejar el cierre del tiro de chimenea con válvula como un elemento de cierre por muy alta presión (que cierra por último y abre primero).

Ahora, debo aclarar, que el ventialdor "forzador de aire" (bajo grilla y terciarios), deben de ir "enclavados" electricamente al ventilador del "inducido", es decir no deben de prender si no hay depresión en la cámara de combustión (esto vuelve positiva la presión de gases de toda la caldera, con una mezcla de aire y gases que pueden porovocar una "explosión de hogar" que puede ser tremenda). No he visto otro tipo de

enclavamiento directo en calderas de biomasa, o sea que si las cámara de combustión tiene presión positiva de gases en su interior apague los vnetiladores de aire bajo grilla y terciarios. Este último efecto, que siga entrando aire primario o terciario, cuando la presión es positiva (no hay un mecanismo bloqueante de esta situación). Esta situación de no apagar los aires bajo grilla o terciarios, puede llevar a una explosión de hogar, ya que se produce una mezcla de aire, o sea O2, con gases de biomasa muy reactivos. Esto se puede ocurrir por algunas razones, si bien hay un enclavamiento eléctrico que se apaga el "tiro inducido" bloquea los motores del ventilador "bajo grilla" o "terciarios". como suponiendo que tenemos en algunas calderas a biomasa ciclones o multiciclones separadores de partículas en los gases, se pueda llegar a llenar de cenizas por fallas en la descarga y provocar que el "tiro inducido" no pueda extraer los gases, pero entra aire hasta cierto punto formando una mezcla explosiva capás de provocar una explosión de hogar (esta puede haber sido una de las causas del explosión de la caldera de Angol en Chile, aunque hay otras, pero nadie dice nada, hay que adivinar, lamentable).
Ahora, considero que cuando se usan convertidores de frecuencia para regular el aire y el tiro, que la solución de poner pistones neumáticos en vez de motores modulantes en las válvulas de "entrada" de aire o cierre de "tiro" no es la solución ideal, ya que habrá un cierto % de la caldera que se comportará "ON-OFF", lo que significa una cierta pérdida (lo barato sale caro).

Estimado Don Ruben, hoy cambio el plato del día, ya que el tema de "CALENTAMIENTO DE PLACAS EN CALDERAS A BIOMASA" está tomando conciencia,
aunque lamentablemente me ha costado 9 (!!!!! Uruguay) años de hablar en "solitario" y tomar medidas de "remiendos" en vez de los que debieron corregir lo que diseñaron desdeñaron el tema, es como aquel que se cree que ocultando un problema cardíaco, que lo podría arreglar con una "pastillita" cuando va al cardiologo lo tienen que operar, pero bueno esto es Uruguay Natural).

Ahora, por la misma fecha o antes, principios del 2000, me encontré con un problema en las "capillas traseras" de las calderas humo-tubulares que al cambiar el sistema de construir la pared trasera de la la capilla, en vez de refractario como siempre se habían hecho, a alguien se le ocurrió la idea de bajar costos y hacerlas con tubos "rectos", el resultado fue que a los pocos meses o a lo sumo en pocos años los colectores de las capillas se empezaron a fisurar en la raíz de la unión de los colectores a la placa. Ya viendo el diseño, no me gustaba, porque toda caldera sufre dilataciones muy variables y contínuas (según el poder de fuego, según las condiciones tenso-activas del agua, según los barros que puedan impedir la libre y natural circulación del agua que refrigera los tubos, según el largo de llama y el tipo de combustible o el exceso de combustión conciente o inconciente).
Historicamente las calderas humo-tubulares podrían ser de "FONDO SECO" (la llama pasa, ya agotada la combustión del primer pase (tubo del hogar cilíndrico) al primer pase de tubos, por una cámara totalmente de refractario. Algo mucho mejor y pero de más costosa fabricación, mejor eficiencia y menos mantenimiento, es el "FONDO HUMEDO", en el cual esta "caja de humos es de metal y está sumergida en la propia agua de caldera, donde se refrigera por el agua de caldera y no pierde nada de calor al exterior", su problema es el costo de construcción, pero tiene menos costos de mantenimiento, complica un poco el cambio de tubos ya que hay que trabajar adentro de una "caja" de limitada dimensión. Por lo general estos dos sistemas antiguos, tenían una "altar" de refractario, cuya función era doble, ya que la llama en vez de impactar sobre la pared trasera de la caja, impactaba en este "altar" de refractario, que servía como un elemento para ayudar a finalizar la combustión por su alta temperatura, pero más que nada para proteger el fondo "seco" de refractario o el "fondo" húmedo de la caja sumergida (caja que si bien tiene stay que soportan la presión de la caldera en el fondo, unidos entre el fondo de la caja y la placa, el hogar siempre tiene elementos que absorven la dilatación importante que sufre el hogar cilíndrico adentro de la caldera sometido a cambios bruscos de temperatura de la llama, mientras que la envuelta se mantiene a temperatura constante según la presión del vapor.
Con el tiempo y con la lucha de la bajada de costos, se empezaron hacer "capillas", cajas de humo externas de tubos de agua acuo-tubulares, que la pared del fondo (que "mira la llama', o sea está sometida a radiación importante, conducción y convección del calor, o sea, de acuerdo al combustible esto será variable por varias causas), se hicieron de refractarios. Mi pregunta, eran aquellos "viejos" fabricantes de calderas, famosos eran unos ignorantes de la realidad o aprendieron con

ella?. Al poner la pared de tubos trasera, se pensaba bajar costos de fabricación, mantenimiento y eficiencia (nunca igual a la caja "húmeda" sumergida, por supuesto). Pero al observador con experiencia "real" no de "escritorio", le quedó de entrada la duda de que este sistema de "capilla con pared trasera acuo-tubular" tendría un grave problema y lo hice saber inmediatamente al ver las primeras: a donde meto la dilatación de esta pared, que es "recta" entre el colector superior y el colector inferior (los tubos laterales de las capillas son curvos, absorben las dilataciones, los refractarios se dejan con una luz de dilatación que se sella con cordon elástico para aislar el "casing" del fondo de metal y no se queme). O sea, cuando la pared trasera, tan castigada es de tubos, la dilatación hará un "efecto gato" que los gruesos colectores no podrán absorber, y toda la palanca se hará en la raíz de unión de soldadura del colector a la placa y esto provocará una fisura que pone "fuera de servicio la caldera" inmediatamente. Esto significa parar una fábrica en minutos con pérdidas de miles de dólares, no hay peligro demasiado elevado, ya que se produce una pérdida contenida por el "casing" de la capilla, pero puede esta pérdida formar presión sobre la cámara de combustión y hacer retrocer el quemador (o peor, si algulien está maniobrando con alguna abertura del quemador, la presión como debe pasar para el desahogo por de los pases de tubos, deshollinadores y chimenea, tiros, etc., retroce en parte hacia el quemador). La solución que se me ocurrió con la primera que me pasó, fisuró (hace más de 10 años atrás, luego que reparan la fisura, poner un "escudo" de refractario para bajar la transferencia térmica de la pared trasera de tubos y bajar con ello la dilatación máxima a que podía estar sometida (no hay forma de poner una sistema de dilatación fácil, ya que son tubos rectos). Con esto resulto una medida paliativa, porque hay otros problemas, que aún con "escudo refractario" sigue habiendo momento
de gran "stress" por dilatación y porque esta pared lleva colectores transversales que no se le pone o se dificulta poner purgas, ya que estos colectores laterales son ideales para decantar los barros inevitables en cualquier caldera (sea cual sea el tratamiento, podrá haber mejores o peores, pero siempre hay que revisar a mano cada 6 meses a 1 año y sacar trabajosamente estos barros que impiden la libre refrigeración de estos tubos).

Creanme o nó, al que advierto siempre primero es al fabricante y al usuario (ayudando a que entienda que tenemos que poner un "escudo" refractario para que proteja del excesivo calor y que debe revisar cuidadosamente y limpiar los colectores transversales, nunca cobré un peso por esto y sentí el "nones" de los que diseñan. Ver PDF.

El gaucho se hizo a caballo, y sin embargo hay gente que desprecia tan profundo conocimiento de la vida, hay que oír hasta del que "barre", generalmente son buenos observadores.
Ya años antes, había problema con las purgas de los colectores principales, aún con su purgas en el extremo, perque no sacaban bien los barros que se iban acumulando en el colector e introduciendo en los tubos laterales, dificultando las circulaciones de los tubos y con ello "quemando" o "fisurando" los tubos laterales. Para esto diseñé un sistema de purga (hace más de 30 años) con un ángulo de 4" que actuara de ducto inferior para recolectar los barros al abrir la purgas (que se deben abrir bien, ser generosas, con el quemador apagado con toda la presión de la caldera) y dió resultado (este sistema no es invento mío, aquellos "viejos" los ponían en la parte baja de la envuelta para "recolectar" los barros de los fondos de las envueltas, que es difícil sacar por falta de arrastre de las purgas, solo que lo apliqué para esto.
Ahora, todo aquellos que tienen idea de comprar una caldera con capilla y que tenga pared trasera de tubos, les sugiero de entrada poner un escudo refractario de protección, poner ángulos en las purgas (ver PDF) y disponer bridas generosas en los colectores largos para poder ver con un espejo los depósitos de barros en los colectores transversales y tubos curvos y poder meter una manguera de buena potencia, cerrada el agua y abrirla culando la manguera llegue al fondo y poder arrastrar los barros hacia los colectores principales donde se podrán sacar mecanicamente por una herramiento tipo "asada" o "rasqueta" y luego lavar con presión. O de lo contrario habrá que hacer una limpieza química si ya hay incrustación inamovible mecanicamente como ocurre por falta de aberturas.

Bueno, si alguien no le gusta, que pida otro plato, o vaya a otra "fonda", que no sea la del "marinero".
Pero este tema, hasta ahora, también ha escapado a las autoridades, nunca ví un observación al respeto.

Palabras finales :

Siempre habrá algo para aprender o corregir. Siempre habrá alguien que nos ayude o que podamos ayudar.
El día que dejamos de aprender es porque estamos ya en el final.
Ayuda a un compañero y te ayudarás a Ti mismo.

Buena Suerte..................

Carlos W. Thomasset

TABLAS, DATOS ÚTILES

TABLA DE VAPOR SATURADO

presión ATA	temperatura Cº	calor total Kcal/kg.	calor agua Kcal/kg.	calor vapor Kcal/kg.	volumen m3/kg.
0.05	32.55	611.3	32.55	578.9	28.7300
0.20	59.67	623.1	59.61	563.5	7.7930
0.50	80.86	631.6	80.81	550.8	3.3010
1.00	99.09	638.5	99.12	539.4	1.7250
2	119.62	645.8	119.87	525.9	0.9016
3	132.88	650.3	133.40	516.9	0.6166
4	142.92	653.4	143.60	509.8	0.4706
5	151.11	655.8	152.10	503.7	0.3816
6	158.08	657.8	159.30	498.5	0.3213
7	164.17	659.4	165.60	493.8	0.2778
8	169.61	660.8	171.30	489.5	0.2448
9	174.53	662.0	176.40	485.6	0.2189
10	179.04	663.0	181.20	481.8	0.1981
11	183.20	663.9	185.60	478.3	0.1808
15	197.36	666.6	200.60	466.0	0.1343
20	211.38	668.5	215.8	452.7	0.1016

Esta tabla esta dada para la presión absoluta en ATA (atmósferas técnicas absolutas, 1 AT: atmósfera técnica = 1 kg/cm2) para utilizarla a la presión relativa del manómetro debemos de sumarle la presión de la atmósfera, si la presión en el manómetro (relativa) está dada en kg/cm2 debemos sumarle 1,033 kg/cm2 y nos dará la presión en ATA, pero si la presión del manómetro esta dada en Bar (relativa), debemos a la presión del manómetro multiplicarla por 1,019 (1 Bar = 1,019 kg/cm2 o AT) y al resultado sumarle 1,033 (1 atmósfera= 1,033 AT).

Ejemplo: presión caldera 7 Bar ...7x 1,019 =7,133 AT: atmósferas técnicas relativas
7.133 + 1, 033=8,166 ATA (atmósferas técnicas absolutas)
Leer la tabla en 8 ATA (dará un valor aprox.)

Ejemplo: presión caldera 100 Libras/pulgadas cuadradas relativas.... como una
1AT (atmósfera técnica) =14,22 Lb/Pulg.2
100/14,22=7,03 AT .... 7,03 +1,033 = 8,063 ATA (atmósferas técnicas absolutas).
En este caso se puede tomar como 8 ATA para buscar en la tabla.

Cual será el calor por kg. que nos proporcionará el vapor a esta presión (8 ATA) **y su temperatura?**
Es igual a 489 Kcal . por kg. y su temperatura 169ªC, el condensado saldrá a 169ºC si utilizamos un sistema de trampa de vapor que mantenga drenado los intercambiadores en forma total (trampa de flotador), significa que el condensado reevaporizará al bajar su presión a 1 atmósfera (1,033 kg./cm2 o ATA) y este calor será igual 171,3 - 100 = 71,3 Kcal /kg de condensado, calor que se podrá aprovechar instalando un recuperador de "flash".

Conversión de presiones
Las presiones de los manómetros son generalmente relativas, para hallar la presión absoluta, hay que sumar la correspondiente a la atmósfera dada para las mismas unidades en que se esta leyendo el manómetro. A nivel del mar tomamos:

Lectura en kg/cm2 relativa sumar 1,033 = kg/cm2 absolutos.
Lectura en Lb/pulg.2 relativa sumar 14.7 = Lb/pulg2 absolutas.
Lectura en Atmósferas técnicas relativas (AT) sumar 1,033 = ATA (atmósferas técnicas absolutas, recordar que 1 AT= 1 kg/cm2).
Lectura en Bar relativas sumar 1,013 = Bar absolutas.

Conversión de presiones de distintas unidades.

Para convertir multiplicar dará en
kg/cm2 ....x **14,22** =..........Lb/pulg.2
Lb /pulg.2..................... x **0,07** =......... .kg/cm2
A (atmósferas)..............x **1,033** =...........kg/cm2 ...AT (atmósferas técnicas)
Bar ....x **1,019** =..........kg/cm2

Temperaturas y sus conversiones

La temperatura puede estar dada en grados centígrados (ºC) ó en grados Fahrenheit (ºF), para hacer la conversión de unidades haga las siguientes operaciones .

Grados ºF a grados ºC ......a los ºF réstele 32, a esta diferencia multipliquela por 5 y al resultado divídalo por 9, el resultado serán grados ºC.

O sea lo que Ud. hizo es **Cº= 5/9 x (Fº - 32)**

Grados ºC a grados ºF........... a los ºC multipliquemos por 9 y al resultado divídalo entre 5 , a este resultado súmele 32 y el resultado serán grados ºF.

O se lo que Ud. hizo es **ºF= 9/5 x ºC + 32**

Comentario: el 0ºC de los grados ºC corresponde a +32 º F y el 0ºF grado de ºF corresponde a -17,7ºC (menos -17,7 ºC o sea por debajo del cero ºC o punto de fusión del hielo).

Medidas de temperaturas absolutas:
Grados Kelvin .... ºC + 273 = ºK (temperatura absoluta en ºC)
Grados Rankine............. ºF + 459,7 = ºR (temperatura absoluta en ºF)

Medidas

Lineales

1 m. (metro) = 10 dm (decímetro)=100 cm (centímetro)=1000 mm.(milímetro)
1 yarda (yard)= 3 pié (feet) 1 pié (feet)= 12 pulgadas (inch)
1 pulgada (inch) = 0,0254 m.(metros)= 25,4 mm.(milímetros)
1 Pie (feet) = 0,3048 m. (metros) = 30,48 cm (centímetros)

Superficie

1 m2.(metro cuadrado) = 100 dm2 (decímetro cuadrado)=10.000 cm2
Pulgada cuadrada (In2 , Square inch) = 6,4516 cm2 (centímetros cuadrados)
Pie cuadrado(ft2 , Square feet) = 929,03 cm2 (centímetros cuadrados)

Volumen

1 m3 (metro cúbico)= 1000 dm3 (decímetro cúbico) = 1000 Ltr.(litro).
1 m3.= 1.000.000 cm3 (centímetro cúbico)
1 Pulgada cúbica (in3) =16,3871 cm3
1 pie cúbico (ft3) = 28,317 dm3
1 galón americano (U.S. gal)= 3,7854 Ltr. (litros)
1 galón imperial (U.K. gal) = 4,5461 Ltr. (litros)
1 barril de petróleo (bbl , U.S. barrels) = 158,987 Ltr.(litros)

1 pinta americana (U.S. pt) = 0,4732 Ltr. (litros)
1 cuarto americano (U.S. qt) = 0,9464 Ltr. (litros)

Masa (peso)
1 tonelada = 1.000 kg (kilogramos)=1000.000 g (gramos)
1 grano (grain) = 0,0648 g = 64.799 mg (miligramos)
1 libra (lb , pound) = 7000 grano = 0,453 kg
1 kg. (kilogramo) = 2,205 Lb (libras, pound)
1 onza (ounce) = 28,350 g (gramos)
1 Libra (lb, pound)= 16 oz (onzas) = 453,592 g (gramos)

Presión
1 kg/cm2 = 0,98066 Bar =0,96784 Atmósfera =735,514 mm.mercurio
= 10 m. agua = 98066 Pascal (S.I.) = 14,22 Lb/pulg.2
1 Atmósfera normal =1,01325 Bar =760 mm.mercurio = 10,3323 m. agua
= 101.325 Pascal (S.I.) = 14,7 Lb/pulg.2

Potencia
1 Kw (kilovatio) = 1,341 H.P. (Horse power-caballo de fuerza)
1 H.P.(caballo fuerza)= 0,7457 Kw (kilovatio)

Medidas de calor

Los americanos e ingleses utilizan el BTU (British thermal unit) que equivale al calor necesario para subir 1 ºF la temperatura de 1 Libra (Pound) de agua.

Nosotros usamos normalmente la Kcal (Kilo-caloría) que equivale al calor necesario para subir 1ºC la temperatura de 1 kg.(Kilogramo o litro) de agua.

Como el kg.= 2, 2046 Libras (Pounds) y ºC=5/9x(ºF-32), podemos establecer las siguientes conversiones.

1 BTU = 0,252 Kcal. y 1 Kcal = 3,968 BTU por lo que para convertir:
BTU en Kcal............BTU x 0,252 = ...Kcal.
Kcal en BTU............Kcal x 3,968 =...............BTU.

Comentario: También se están usando otras formas de expresión, unidades estas que están referidas a unidades de tiempo, que tienen su equivalencias con estas:
vatio/hora = 3,4129 BTU = 0,860 Kcal ó 1 Kw/h=860 Kcal.
1 vatio (watts)= 1 Joule ó 1 Kw/h = 3,6 M J (mega-Joule, siendo mega=1.000.000)
Por lo que 1 KJ (kilo-Joule)=1000 Joule=0,239 Kcal (kilo-caloría)
por consiguiente para convertir:

KJ en Kcal..............KJ x 0,239 = ...Kcal.

Calor necesarios para calentar 1ºC a 1 kg. de : (Cp=Kcal/kgºC)
1 kg. de agua (1 Ltr. a 4ºC)................ 1 Kcal./kgºC
1 kg. hierro o acero .... 0,11 Kcal./kgºC
1 kg. de cobre....................................0,094 Kcal/kg.ºC
1 kg. aluminio....................................0,216 Kcal/kgºC
1 kg. F. Oíl...0,47 Kcal/kgºC
Esto lo llamamos calor específico de cada sustancia (Cp) a presión constante.

1 Kcal/kgºC = 4,1868 KJ/kgºK (kilo-Joule por kg. por Cº)

Medidas de transmisión del calor

Como la transmisión del calor esta referida a una superficie determinada, en un tiempo determinado y la diferencia de temperatura esta establecida en ºF ó ºC., tendremos las siguientes equivalencias.

1 B.T.U./ pie2. h..ºF (1 B.T.U. por pie cuadrado por hora por ºF) = 4,88 Kcal/m2.h.ºC (Kilocaloría por m2 de superficie por hora y por ºC)

1 Kcal/m2.h.ºC (1 Kilocaloría por m2 de superficie por hora y por ºC) = 0,204816 B.T.U./pie2 . h..ºF (B.T.U. por pie cuadrado por hora por ºF)

1 Kcal/m2 h ºC = 1,163 Wh/m2 ºK (Wh=vatio-hora) (ºK=grado Kelvin)

Medidas de conducción del calor

La conducción de calor a través de un cuerpo esta referida a una determinada sección, a un determinado largo del pasaje de calor, a un tiempo determinado con un diferencial de temperatura establecido.

1 B.T.U./pie2 . h..ºF x pie (1 B.T.U. cada pie cuadrado , por hora por ºF y por pie) = 1,488 Kcal/m2.h.ºC x m (Kilocaloría cada m2 de superficie , por hora, por ºC y por metro)

1 Kcal/m2.h.ºC x m (1Kilocaloría cada m2 de superficie por hora, por ºC y por metro) = 0,672 B.T.U./pie2 . h..ºF x pie (B.T.U. cada pie cuadrado, por hora, por ºF y por pie)

1 Kcal/ m h ºC = 1,163 Wh/ m ºK (Wh=vatio-hora)

Conducción del calor por los siguientes elementos:

Acero............................	40 a 50	Kcal/ m h ºC
Cobre.............................	320	Kcal/ m h ºC
Aluminio..........................	180	Kcal/ m h ºC
Vidrio.............................	0,18	Kcal/ m h ºC
Lana de vidrio.................	0,03	Kcal/ m h ºC
Lana de amianto..............	0,05	Kcal/ m h ºC
Poliuretano expandido.....	0,035	Kcal/ m h ºC

Vemos que los materiales aislantes conducen menos el calor.

Conversiones química del agua.

La dureza del agua, alcalinidad y otros valores (excepto PH) están referidos normalmente a partes por millón (ppm), esto significa una unidad de algo en un millón de unidades equivalentes (ejemplo, 1 gramo en un millón de gramos, como un metro cúbico de agua pesa aproximadamente un millón de gramos (depende de las sales que contenga y su temperatura), podríamos decir que 1 ppm es aproximadamente igual a 1 gramo por metro cúbico de agua o 1 milésima de gramo (1 miligramo) en 1 litro de agua que pesa aprox. 1 millón de milésimas de gramo (1 millón de miligramos) o sea que podríamos decir que aproximadamente 1 ppm es igual a 1 miligramo por litro (mg/Ltr.).

La otra base para la conversión es que para comparar las sustancias químicas se toma de base una sustancia química patrón, cuando nos referimos a ppm generalmente la sustancia a la cual nos referimos es al Carbonato de Calcio (CO3Ca), de lo contrario

debemos expresar a que sustancia esta referida dicha media . En el caso de los cloruros se prefiere como referencia al ion cloruro (Cl-).

Veamos las equivalencias entre las diferentes formas de expresión.
Partiendo de la base que:
1 libra (pound)= 7.000 granos (grain) = 453,6 gramos
1 grano=0,0648 gramo
El galón U.S.(americano) =3,785 Ltrs., galón Imperial (británico)=4,545 Ltrs.. (El galón imperial (británico) se puede expresar como U.K.gal.)

Podemos establecer aproximadamente (ya que mezclamos volúmenes y pesos)
1 Grano por galón U.S = 17,1 partes por millón (ppm).
1 Grano por galón Imperial= 14,2 partes por millón (ppm)
1 ppm = 0,001 gramo/Ltr=0,0584 Granos/galón U.S.=0,07 Granos/galón Imp.
1 ppm = 0,1 Gº Francés = 0,056 G.º Alemán = 0,07 Gº Inglés (gr/U.K.gal)
Ejemplo : Dureza Total 80 ppm como CO3Ca (carbonato de calcio) ...Que el calcio y el magnesio presente en el agua expresado como CO3Ca equivale a 80 gramos por m3. aproximadamente.

Formas de expresión de la vaporización de una caldera:
La presión de trabajo de una caldera con vapor saturado (sin sobrecalentador) define la características del vapor desde el punto de vista térmico, es decir, sabremos a que temperatura podremos intercambiar o "calentar" un material en un proceso térmico. Por ejemplo: si tenemos para hacer dulce de leche con vapor a 3 Kg/cm2 sabremos que la temperatura será como máximo 142ºC, esto será suficiente para hacer el dulce de leche y el riesgo de quemarlo será mínimo porque la temperatura no pasará de 142ºC. Pero esto no define el tamaño de la caldera, el tamaño lo define la capacidad de vaporización.
La capacidad de vaporización se define como la cantidad vapor por hora en kg. que produce la caldera a la presión de trabajo, siempre y cuando se defina la temperatura del agua de alimentación. Pero como hay variables en la presión y en la temperatura del agua alimentación, se suele definir la capacidad de vaporización de la caldera como aquella que indica la producción en kg. por hora de vapor a 100ºC con agua de alimentación a 100ºC.
Luego hay otros parámetros que se pueden indicar, como:
Podríamos decir la capacidad de la caldera basados en su superficie de calefacción, pero este dato de nada sirve si no tenemos el valor de la vaporización por hora y por metro cuadrado de superficie de calefacción.
Podemos decir que la vaporización de una caldera es de 40 kgs. /hora de vapor por m2. de superficie de calefacción, es decir que la capacidad de vapor en kgs. de la caldera esta dada por el expresión de :
kgs./h/m2 x superficie calefacción = kgs. de vapor hora (debemos decir que presión, temperaturas del vapor y del agua a utilizar , o los kgs. de vapor "equivalente" o sea de 100ºC a 100ºC).
En las calderas antiguas este valor estaba en unos 15-20 kgs./h/m2, estando actualmente en más de 50 -55 kgs./h/.m2. en calderas humo-tubulares.
Los americanos (U.S.A.) expresan la capacidad de vaporización en "**caballo de vapor de caldera**" (**CV**): 1 "caballo de vapor" equivale a 33.475 BTU/hora ó 8.502 Kcal/hora (unas 30 Lb. vapor a 70 lb/pulg.2 manométricas con agua de alimentación a 100ºF , o sea , unos 13,6 kg. de vapor a 4,9 kg./cm2 manométricos con agua de alimentación a 37,7ºC).
No deben confundirse esta expresión promedio de kgs/m2 que se refieren a la superficie

total de calefacción con aquellas referidas a los límites máximos admisibles en los hogares que también se refieren a superficies.

Definición de términos referidos a las calderas y su combustión.

Poder calorífico superior (P.C.S.), es el calor máximo que se obtiene de un kg. de combustible (se considera que el agua que trae el combustible y el agua que se produce de la combustión del hidrógeno, se contabilizará su calor de condensación (o evaporación), y todos los gases y vapores estarán a 0ºC).

Poder calorífico inferior (P.C.I.), es el calor máximo que se obtiene de un kg. de combustible al cual se le "descuenta" el calor de vaporización del agua que trae el combustible y el agua que se produce por la combustión del hidrógeno, pero todos los gases resultados de la combustión llevados a 0ºC.

Es decir que la diferencia entre el **P.C.S.** y **P.C.I.** es el calor correspondiente a la vaporización del agua (la de combustión y la que trae el combustible como humedad o agua). Es decir **P.C.S. - P.C.I = AGUA TOTAL X 600 KCal/kg.**

(600 son la Kcal, necesarias para vaporizar un kg. de agua).

Poderes caloríficos de los combustibles más comunes (aprox.)

Combustible	**P.C.S.** KCal/kg	**P.C.I.** KCal/kg.	**CO2** máx.
F.Oíl Pesado (Nº6)	10.300 (10.100).........	9.700 (9.600).......	16%-16,8%
F.Oíl Calefacción.............	10.500 (10.200).........	9.800 (9.700)....	15.5%-16,5%
Gas Oíl	11.400 (11.200).........	10.700 (10.500).......	15%-16%
Gas Natural....................	13.700 (13.500)......	12.300 (12.500).....	11,5%-12,5%
Leña (25% H.b.h.)...........	3.500 (3.400)...........	3100 (3.000)...........	19%-20%

Los valores son relativos, ya que la composición real se debería medir en cada caso, cosa que no siempre es posible.

Eficiencias al P.C.S. , esta eficiencia está referida a considerar todo el calor que produce el combustible, dá una idea del rendimiento de la caldera y la calidad del combustible . (La usan los norteamericanos).

Eficiencias al P.C.I., esta eficiencia está referida a considerar solo el calor disponible para transferencia, ya que supone que el agua saldrá por los gases de chimenea en forma de vapor, lo que dá una idea del rendimiento de la caldera en sí, dejando de lado la calidad del combustible, especialmente la humedad y el contenido de hidrógeno.

Eficiencia de combustión y transferencia referida al P.C.S. ó al P.C.I. : esta eficiencia es la que mide el rendimiento de la caldera no tomando en consideración las pérdidas de la caldera como equipo térmico (radiación, convección, conducción, purgas o pérdidas de agua y vapor). Su valor está indicando la calidad de combustión (gases no quemados, exceso de aire) y su capacidad de transferencia y las condiciones en que se encuentra la misma (temperatura de gases, cuanto más alta, menor transferencia : diseño , hollín e incrustaciones que aislan, o elementos directores de gases en mal estado (refractarios, baflles, etc.), que están en "corto-circuito" dejando pasar los gases.

Eficiencia Total referida al P.C.S. y P.C.I. : esta eficiencia es la que mide el rendimiento total o global de la caldera, considera todas la pérdidas (las relativas a la combustión, a la transferencia y a las pérdidas de la caldera como equipo térmico).

Temperatura aconsejables para los distintos tipos de atomización :

Atomización mecánica..........aprox. 135º a 145ºC en F.Oíl Pesado.
aprox. 115º a 125ºC en F.Oíl Calefacción.

Atomización a vapor ....aprox. 95º a 110ºC en F.Oíl Pesado.
aprox. 75º a 90ºC en F.Oíl Calefacción.
Atomización con aire ....aprox. 110º a 125ºC en F.Oíl Pesado.
aprox. 90º a 115ºC en F.Oíl Calefacción.
Atomización por copa ....aprox. 90º a 100ºC en F.Oíl Pesado.
aprox. 60º a 70ºC en F.Oíl Calefacción.

Estos valores varían de acuerdo a las condiciones locales del quemador (tipo de quemador, hogar, operación, etc.).

Valores de viscosidad (aprox.) atomización según tipo de quemador:

300-150 S.S.U. (segundos Seybolt Universal) quemadores grandes de atomización a vapor.

100-150 S.S.U. quemadores pequeños de atomización a vapor o aire, copas rotativas.

100-70 S.S.U. quemadores grandes de atomización mecánica.

70-36 S.S.U. quemadores medianos y pequeños de atomización mecánica por toberas (preferiblemente H.O-Heavy Oíl). Con toberas comunes se trabaja a muy alta temperatura el F.Oíl y generalmente hay mala atomización.

Hasta 36 S.S.U. Atomización mecánica con toberas comunes (F.Oíl calefacción, Diesel Oíl y Gas Oíl).

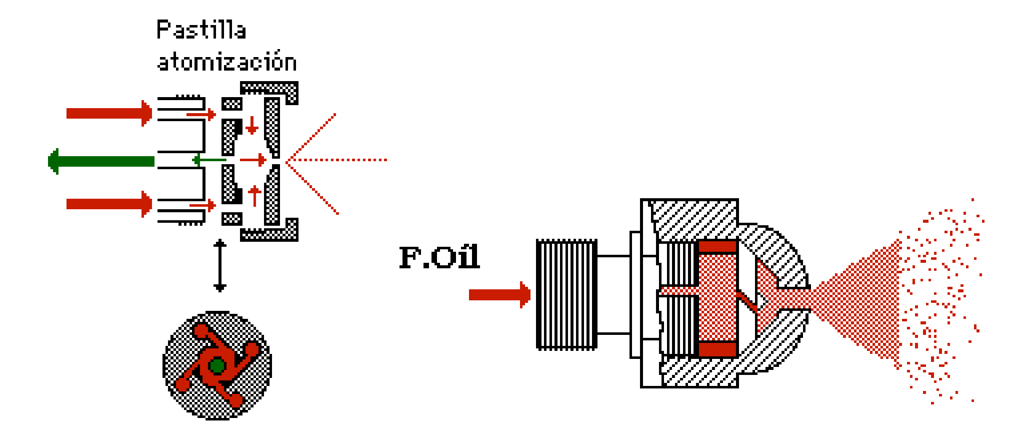
Toberas o pastillas de atomización (en atomización mecánica).

Generalmente se expresan sus características de la siguiente forma:

Capacidad..... en las toberas comunes (quemadores de atomización mecánica) se expresa en U.S.G. (Ejemplo: 10 U.S.G.), esto significa la capacidad horaria en Galones americanos (3,78 litros por galón), pero con una presión de 100 libras/pulgadas cuadradas (7 kg/cm2) con F.Oíl N´2 a 60ºF (equivale a Gas Oíl a 15,5ºC). Esta capacidad varía luego de acuerdo a la presión del combustible, la temperatura y el tipo de combustible en el quemador. A lo contrario de lo que se piensa, en los combustible más viscosos, a pesar que el sentido común parece indicar que pasaría con más dificultad (por kg.), la misma tobera con la misma presión pasa más F.Oíl pesado (kg/h) que F.Oíl calefacción, Diesel Oíl ó Gas-Oíl (Kg/h). En otros quemadores, las toberas (pastillas) y sus cámaras de atomización (turbulencia) son indicadas por un Nº y letras, que cada fabricante indica sus especificaciones.

Las capacidades de las toberas de atomización varían en relación de la raíz cuadrada de las presiones : sí a la presión P1 el quemador tiene un caudal de V1 U.S.G., a la presión P2 será V2 = V1 x Raíz cuadrada de P2/P1.

Tipo de tobera según combustible: hay toberas especiales para combustibles pesados, tienen grabados las letras H.O. (Heavy Oíl = aceite pesado) y un numero, que indica la presión más adecuada para el trabajo de dicha tobera, las toberas comunes no traen dicho numero de presión. Ejemplo H.O. 430 (es una tobera para F.Oíl que debe de operar a 430 libras/pulgada cuadrada o sea 30 Kg/cm2). Los valores normales son H.O. 200 y 430. Esta toberas están hechas con materiales más "duros" para trabajar con combustibles con más "impurezas". Estas toberas están probadas a la presión marcada (200,430 etc.) con un combustible "pesado" a 66-77 S.S.U. de viscosidad , con una gravedad A.P.I. DE 34-36 a 60ºF (15,5ºC). Se prueban para ver su caudal a la presión de trabajo indicada en tablas, aunque el caudal impreso en U.S.G. --- es el nominal probado a 100 libras por pulgada cuadrada (7 Kg/cm2), con viscosidad 34-36 S.S.U. y gravedad A.P.I. entre 32-38 a 60ºF (15,5ºC), correspondiente a un F.Oíl Nº2 (Gas Oíl).

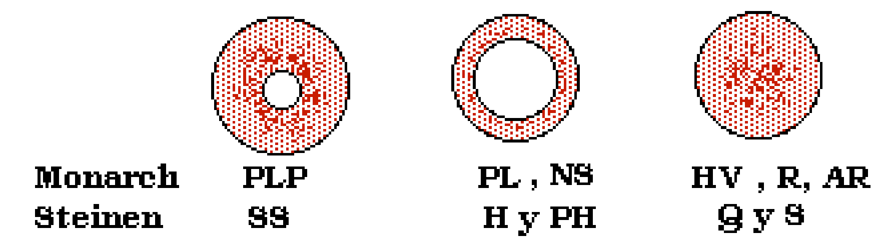


Pastilla y cámara de turbulencia **Tobera de quemador más común.**

Forma del cono de pulverización: las toberas están ejecutadas para que la forma del cono de atomización sea adecuada al tipo de hogar en que serán utilizados, estas formas podrán ser un simple cono, un cono con más intensidad de combustible en el centro, o un cono con la parte central hueca, otro será en forma de anillo, etc. Sus forma está indicada por letras que cada fabricante adopta según su oferta : por ejemplo : R (cono cargado al centro), NS (cono hueco al centro), AR (cono un poco menos cargado al centro), S (cono muy cargado al centro) H (un anillo parejo), PH (un anillo fino), SS (un anillo grueso), Q (un cono parejo) , etc. todos relacionados al código del fabricante.

El ángulo de atomización es el que forma el cono, un combustible cuanto más pesado, generalmente más ángulo de atomización requiere.

Cuando se pide la tobera se indica : La marca (Steinen , Monarch, etc.)., la capacidad en U.S.G. (numero), el tipo de cono de atomización (R u otro) y el ángulo de atomización (las más comunes 45º, 60º, 90º , etc.) y si es H.O. (Heavy Oíl, o sea para combustible pesado) más la presión de trabajo.



FORMA DEL CONO DE ATOMIZACIÓN SEGÚN DENOMINACIONES

Presiones de trabajo en quemadores más comunes (con toberas mecánicas)

Con F.Oíl pesado la presión de trabajo en el puntero o tobera deberá ser alta, ya que

cuanto más alta la presión en general un combustible pesado atomiza mejor . Si la tobera no especifica una presión de trabajo, la presión normal podrá ser entre 22 kg/cm2 y 30 Kg/cm2, bajando un poco para el F.Oíl calefacción.

Con Diesel Oíl y con Gas Oíl las presiones tienden a ser más bajas , de 7 a 15 Kg/cm2 en general es suficiente. Cuidado con elevar demasiado la presión, el caudal de combustible aumenta y podemos pasarnos de "fuego".

En quemadores con atomización a vapor o con aire comprimido, la presión del combustible en el puntero es generalmente más baja, podrá ser un máximo de 15 Kg/cm2, siendo normal que ésta varíe entre unos 4 Kg/cm2 y 12 Kg/cm2.

La presión del vapor de atomización depende del tipo de tobera, en algunos es un poco mayor a la presión del combustible y en otros es fija a un de "barrido" que podrá ser por ejemplo : entre 2,5 Kg/cm2 y 3,5 Kg/cm2 (no olvidar que éste vapor debe ser saturado seco).

Una forma de saber si estamos pasados de fuego es medir la temperatura de chimenea, si los gases están más calientes que lo indicado por el fabricante o por el tipo de caldera, estamos pasado de fuego (salvo que la caldera esté sucia de hollín o incrustada, ó un tabique de gases "perforado" en "corto-circuito").

INDICE GENERAL (sugerimos buscar con el buscador de Adobe en el PDF).

Primera parte :

Publicación del primer manual de preguntas y respuestas para foguistas, publicadas en un libro en 1998 "Pequeño Manual de Preguntas y Respuestas para Foguistas".

Segunda parte:

Se refieren a lo publicado en el 2015 en el Foro de "EnergíaenUruguay" sobre **"Preguntas y Respuestas para calderas de baja presión"**

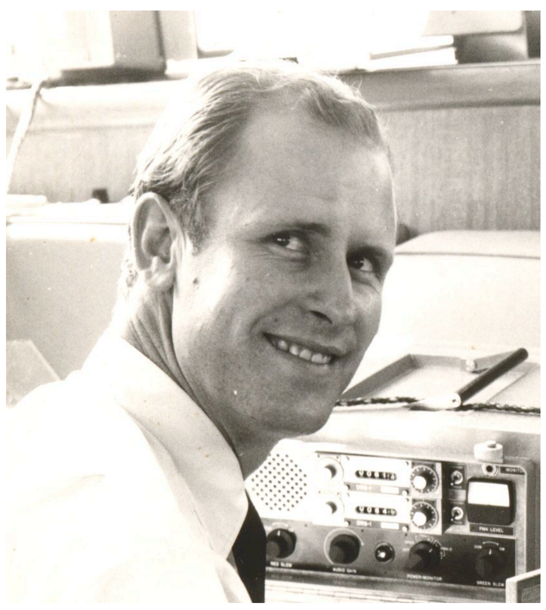
-------------------00000000000-------------------------

Listas de las publicaciones de C.W.T en muchos años de publicaciones:

Pequeño manual de preguntas y respuestas para Calderas de baja presión **2015**

Pequeño Manual del Foguista (en papel hasta la edición 9a, 2008 y partir de esa fecha en PDF la edición 10a.
Pequeño Manual de Preguntas y Respuestas para Foguistas.
Pequeño Manual para la Generación y el uso Eficiente del Vapor.
Pequeño Manual para Operadores de Calderas de Calefacción.
Pequeño Manual del Foguista: Calderas a Leña y Calderas en General.
Cd "PEQUEÑOS MANUALES PARA CALDERAS" versión 2014.

Carlos W. Thomasset



Carlos Walter Thomasset Baister, nacido en 1940 (Argentina), Uruguayo por opción (padre Uruguayo y madre Inglesa), ley 16.021.

Comienza sus estudios en Argentina, luego en Uruguay. Entra a la Escuela Naval en el año 1959, concursando para estudiar como integrante del cuerpo CIME (Cuerpo de Ingenieros en Máquinas y Electricidad, 5 años de estudio en forma de internación, con reválida de Ingeniero de la Marina Mercante). Presta servicios en la Armada hasta el año 1972, en distintas dependencias, como técnico en las materias propias del cuerpo, y como profesor de la Escuela Naval en Electrotecnia para Ingenieros del CIME y Mercantes.

En 1972 pasa a la industria, ganando un concurso en Buenos Aires, para Jefe de Ingeniería en una Azucarera de Remolacha en el Litoral (con 100 tn/h de generación de vapor y con turbos generadores eléctricos de 5.500 Kwh, desempeñándose durante 5 años), sustituyendo a los Ingenieros Franceses de la firma Begain (Francia).

Luego pasa a prestar servicios de Asesoramiento y Consultoría (1978) en distintas empresas en todo el País (incluyendo fábricas de calderas). La necesidad de mantener en funcionamiento óptimo los generadores de vapor, le hace trabajar en toda el área (mecánico, termodinámico, eléctrico, electrónico, neumático, automatismos en general, servicios químicos, combustión). Le es natural el ambiente de "calderas", ya que era la época de los "vapores" (los barcos propulsados a vapor de agua y en el mar no había talleres o servicios de apoyo como en tierra).

Actualmente, en el 2016, jubilado (luego de estar en contacto con las calderas desde 1959) por enseñanza a los foguistas, en tratamientos de agua y control de combustión.

Estos manuales solo pretenden ser una colaboración al desarrollo de los foguistas, actores fundamentales en el uso de la energía de un País, que debieran tener una **ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE FOGUISTAS**, con el fin de estar representados en los eventos relacionados con las calderas, con la mejora de su gestión y con la ayuda que dá el apoyo mutuo.